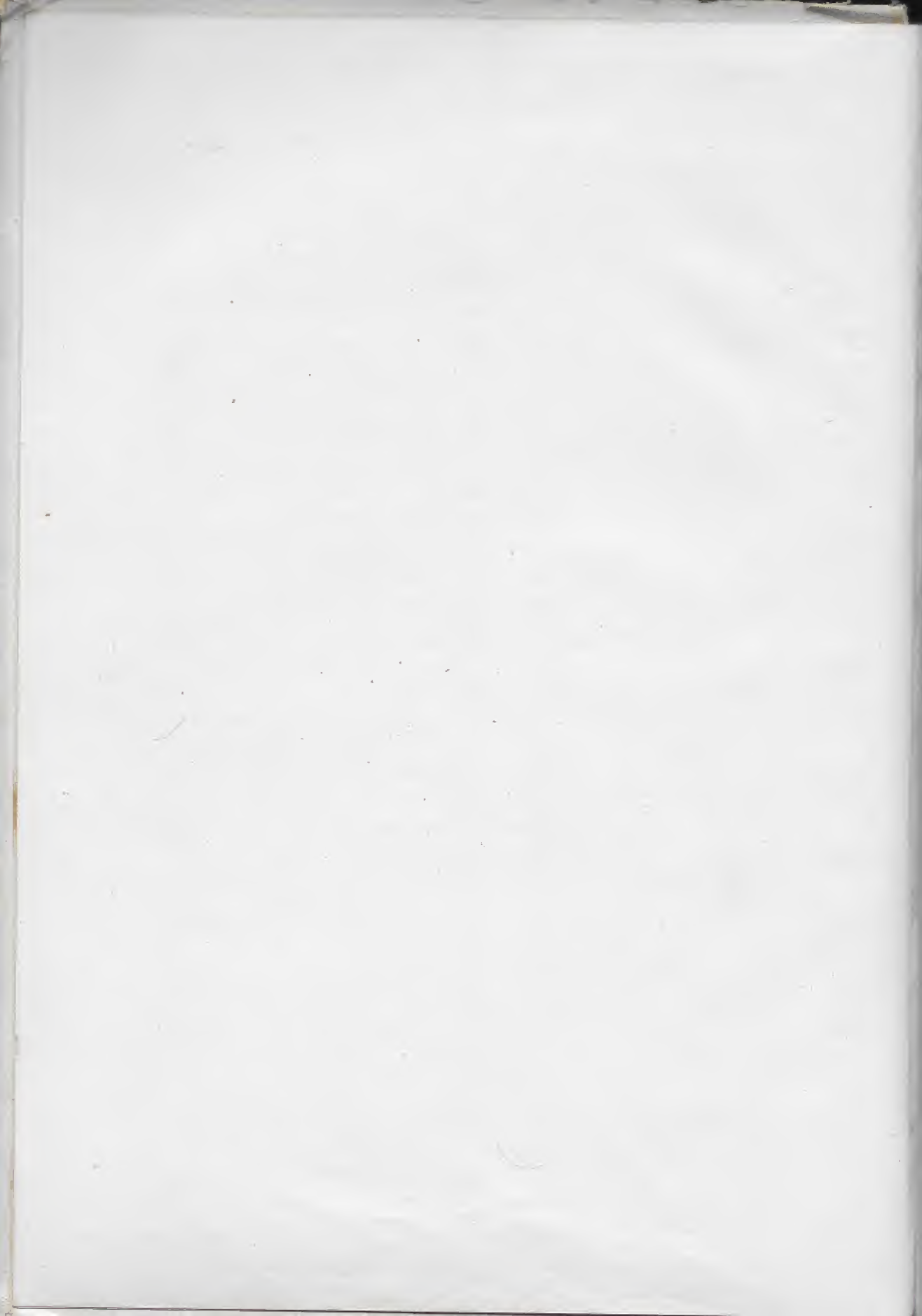
E. ROGGERO
ENIMMI DELLA SCIENZA MODERNA
REALTA' DI DOMANI
U. HOEPLI EDITORE MILANO
CISARI

ENIMMI DELLA

SCIENZA MODERNA:

REALTÀ DI DOMANI

EGISTO ROGGERO

ENIMMI DELLA SCIENZA MODERNA: REALTÀ DI DOMANI

IL PROBLEMA DELLE CAUSE - NEL MISTERO DELLE ORIGINI DELLA VITA - NEL MONDO DELLE FORZE - LE RADIAZIONI INVISIBILI - ONDE - LA SINTESI DELL'UNIVERSO - VERSO IL LONTANO DOMANI DEL MONDO - NOI NON SAPPIAMO

ULRICO HOEPLI
EDITORE-LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO
1930

INDICE SISTEMATICO.

ERRATA-CORRIGE.

A pagina 189, nona riga, « dell'attimo » leggasi: dell'attinio.

A pagina 410, ultima riga, « venissero » leggasi: vissero.

A pagina 42, 5ª e 15ª riga, « Werworn » leggasi: Verworn.

A pagina 50, 5ª riga, « Réamur » leggasi: Réaumur.

A pagina 81, 13ª riga dal basso, « *Atravida* » leggasi: *Atrevida*.

A pagina 116, 12ª riga dal basso, « Maxwel » leggasi: Maxwell.

A pagina 239, 10ª riga, « Farady » leggasi: Faraday.

Alle pagine: 336, 1ª riga « Lakhovscky »; 340, 7ª riga; 343, 2ª riga dal basso, e 344, 10ª riga dal basso, « Lakhovschy » leggasi: Lakhowsky.

Alle pagine: 338, 11ª e 14ª riga dal basso, « Reichembarch » e Reichembach »; 339, 2ª e 6ª riga dal basso, e 340, 5ª riga, « Reichembach » leggasi: Reichenbach.

A pagina 404, 10ª riga dal basso, « Zeiz » leggasi: Zeiss.

A pag. 456, 2ª e 5ª riga, « *yackt* » leggasi: *yacht*.

Alle pagine: 444, 10ª riga dal basso; 459, 1ª, 12ª e 17ª riga; 449-466-467, diciture incisioni; 470, 16ª riga; 477 e 507, diciture incisioni, « Nuova Yorck » leggasi: Nuova York.

Noi viviamo in un piccolo mondo limitato e chiuso nelle brevi linee coordinate che regolano il nostro còmpito vitale e dalle quali non possiamo uscire. e per troppo tempo ci siamo lusingati che tutto il resto dell'Universo fosse con noi rinchiuso in questo limite angusto. Ma non è così: fuori di noi è un grande mondo a parte, dove le dimensioni, il tempo, il *modo di essere,* hanno certo proporzioni e forme del tutto diverse da quelle che nel nostro piccolo mondo conosciamo... Oggi come ieri, ci ha detto Newton, noi siamo de' fanciulli che giocano sulla spiaggia, mentre l'oceano della *verità* si estende a noi davanti interamente inesplicato.

EGISTO ROGGERO.

PROEMIO

IL PROBLEMA DELLE CAUSE.

È indubitato che questo nostro secolo — figlio del meraviglioso Ottocento scientifico — sarà chiamato un giorno il secolo dell'inverosimile.

Il secolo che ci ha dato la radio, la fotografia in rilievo e a colori, i miracoli della navigazione aerea, che sta, in questi nostri giorni, perfezionando la televisione, che fa manovrare le navi, guida gli aeroplani e fa sparare i cannoni con le onde hertziane e che altri maggiori miracoli sta preparando nella quiete raccolta de' suoi gabinetti scientifici, ben meriterà questo giudizio dai posteri.

Un rapido sguardo a tutte le conquiste « pratiche » della scienza d'oggi ci dimostrerà subito come lo spirito dei nostri studiosi sia ormai lontano dai tempi di Platone il quale, come ci racconta Plutarco, aspramente rimproverava i suoi due discepoli Eudossio e Archita d'avere osato, con certe loro macchinette costruite per dimostrare la verità delle teorie del Maestro, di far discendere la geometria pura da l'incorporeo e dall'intellettuale al corporeo e alle cose sensibili... Oggi, ad ogni scoperta scientifica, si fa seguire tosto l'applicazione pratica.

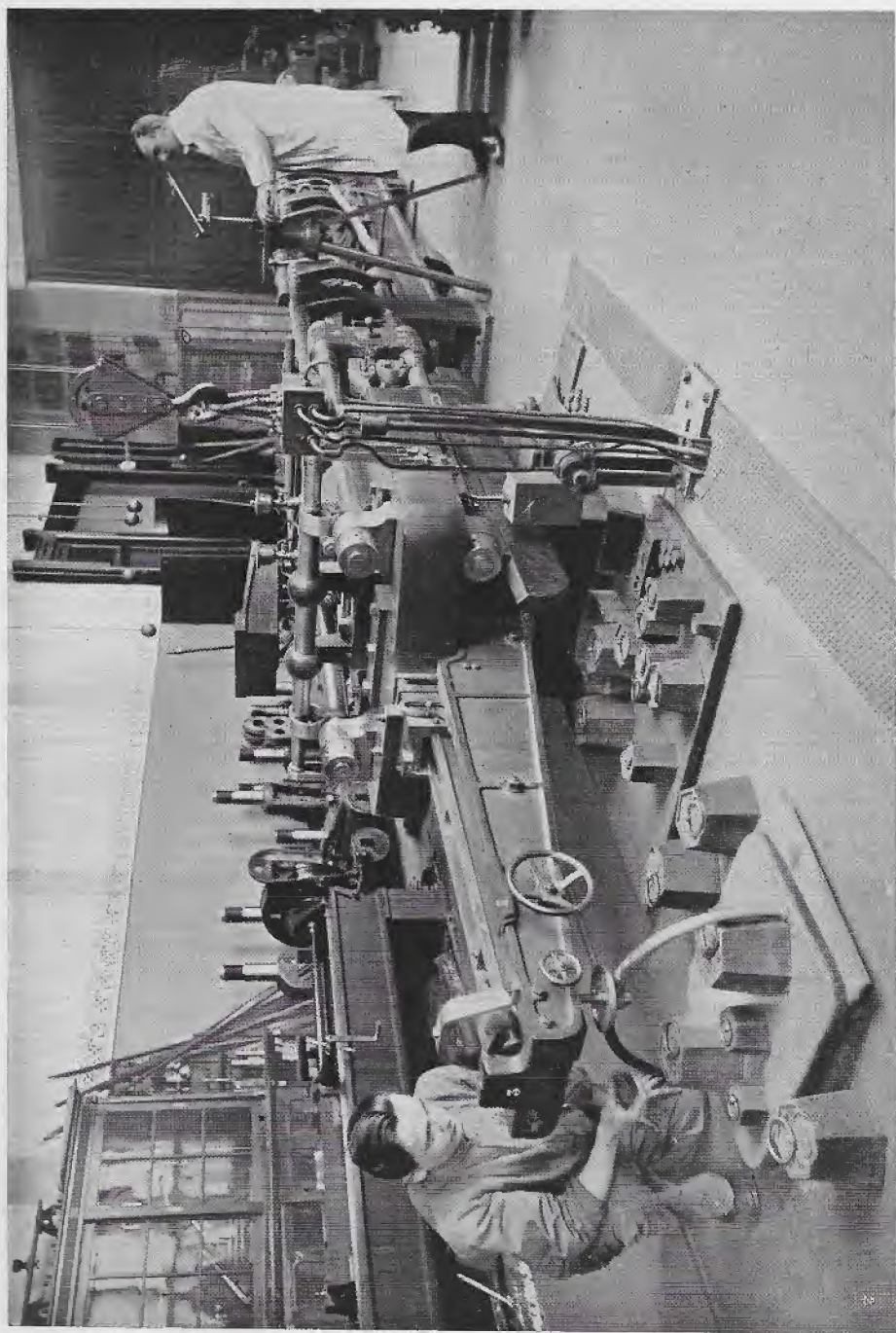
Oggi tutti i grandi Stati mettono a disposizione degli scienziati geniali i loro laboratori e prendono in esame tutte le invenzioni che presentano affidamento di serietà. Il nostro Governo Nazionale ha messo tra i suoi còmpiti quello di « porre il problema della scienza e delle ricerche scientifiche al primo piano dei problemi

nazionali ». Sdegnando le sentimentalità dannose di Platone oggi la Scienza si è, diciamo pure così, *umanizzata*. Essa collabora con le Nazioni per la loro potenza civile.

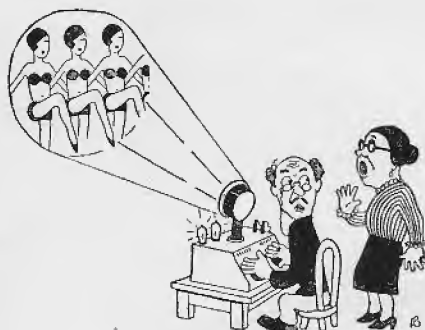
L'aria, decomposta ne' suoi più intimi elementi, ci ha dato que' gas, che abbiamo chiamati rari, che ignoravamo: l'*elio*, il *neon*, l'*argon* e lo *xenon*. L'elio (scoperto dal Ramsay nel 1896) fu subito applicato ad una quantità di preziosi usi pratici, sostituendolo all'idrogeno nel gonfiamento dei dirigibili come incombustibile. Scoperto che l'argon possiede in elettricità proprietà assai utili, lo s'è adoperato per riempire le boccette delle lampadine elettriche al posto di filamenti del passato, con il vantaggio ch'essendo l'argon, per la sua grandissima densità, un forte assorbente del calore, viene a costituire un focolare di luce fredda, con grande risparmio di energia ed evitando il riscaldamento della lampada.

Così con il neon si riempiono quei tubi di vetro che, sottoposti alla corrente elettrica, danno una intensissima lumescenza, venendo già assai largamente adoperati per la pubblicità. Ad opera più intimamente umana vengono adibiti i due rarissimi gas *kription* e *xenon:* essi, data la loro grande densità, servono in chirurgia per la radioscopia. Ma si pensa pure di applicare questi due nuovi gas alle lampade a incandescenza, con risultati forse superiori a quelli già ottenuti con l'argon.

L'aria liquida — che dapprima non ci apparve che come un brillantissimo esperimento di gabinetto — è venuta a costituire una vera industria, la quale ha davanti a sè tutto l'avvenire poichè non ci ha detto al presente che le sue prime parole. Intanto è dessa che ci ha rivelato l'esistenza dei gas preziosi che sopra abbiamo ricordato, le cui applicazioni industriali andranno sempre più aumentando, poichè è certo ch'essi posseggono altre proprietà a noi ancora ignote che possono condurci a inaspettate scoperte.

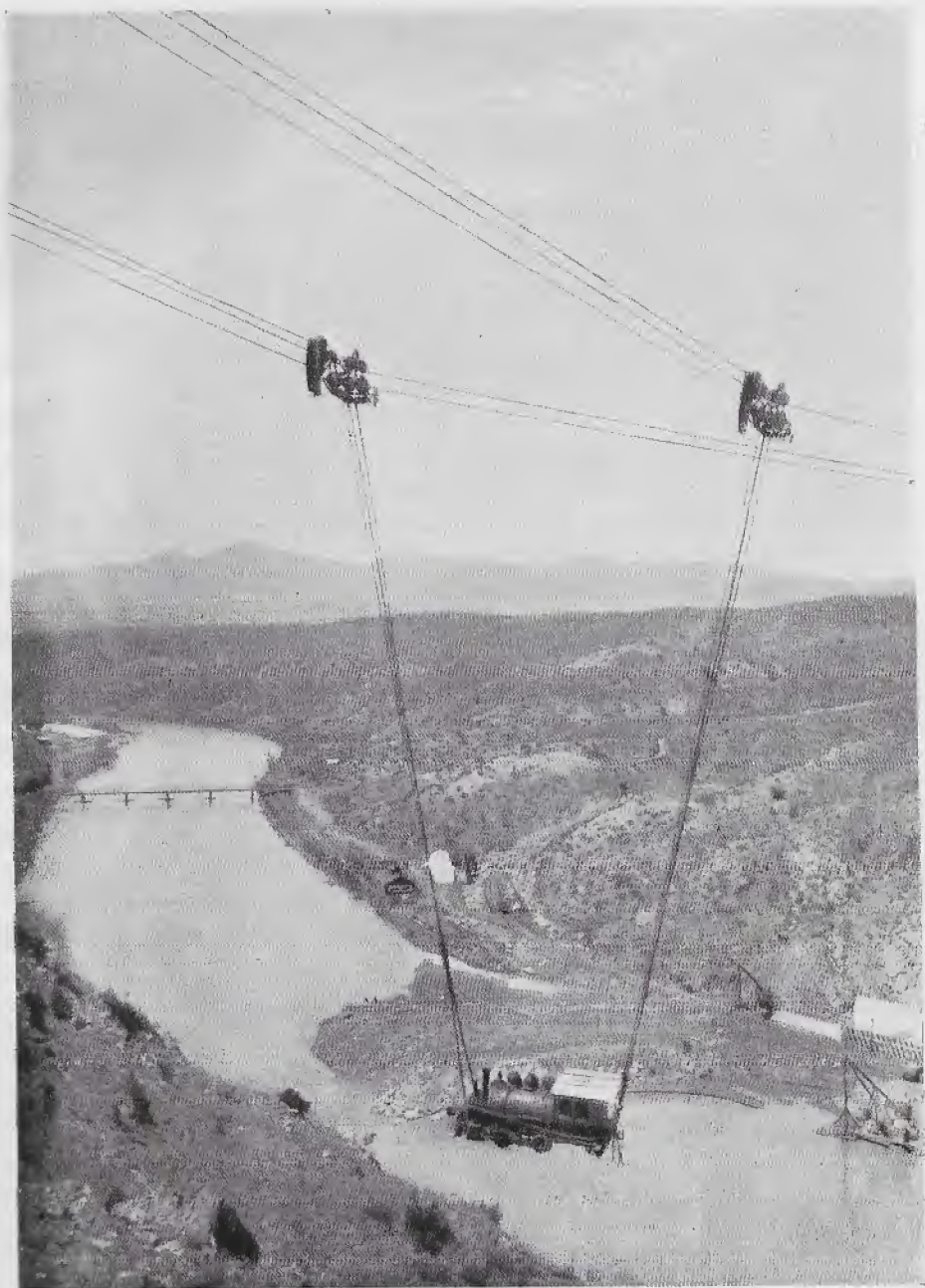
Guglielmo Marconi ci prospetta tutto un orizzonte nuovo nella telemeccanica. Siamo già riusciti a far muovere le navi e gli aeroplani con un semplice giuoco di onde, dal gabinetto scientifico. La sola applicazione di questa telemeccanica ai sommergibili — che finora tante vittime umane ci hanno costato — costituirà uno dei più benemeriti vanti del nostro secolo. La telemeccanica sarà la scienza di domani.

La macchina e il suo cervello.

Tutto un mondo nuovo ci promette la televisione. L'uomo, andando al telefono, non solo udrà la voce della persona con la quale parlerà, ma ne vedrà pure il volto. La nuova scienza ci promette che il sincronismo fra il suono della voce e i movimenti dell'uomo che parlerà con noi sarà perfetto. È facile comprendere i vantaggi pratici del fatto. Vedrete con chi parlate, e tanti inganni... telefonici non esisteranno più.

Ma c'è di più. Voi potrete dalla vostra saletta assistere al corteo che passerà nelle vie di New-York o di Pechino, ascoltando in pari tempo le musiche e gli evviva che lo accompagneranno. Certo, il teatro e il cinema ne saranno rivoluzionati. Con la radiofonìa collegata con la televisione voi avrete realmente il teatro a casa vostra. Poichè il telecinematografo sarà il nostro spasso di domani! Ma il lettore che seguirà queste nostre pagine vedrà che qualcosa ancor più meraviglioso e, diciamo pure, assai strano ci si promette anche in questo campo.

Televisione!...

Questo porterà alla diminuzione delle odierne sale cinematografiche. Non vi saranno che sale-laboratori, che porteranno la visione sonora dei grandi spettacoli e degli avvenimenti mondiali in ogni casa del globo... Ma già qualcosa abbiamo fatto per i signori che viaggiano sulle ferrovie. Durante i forzati ozi, lanciati a cento chilometri l'ora, essi possono non privarsi dell'abituale svago di sentire i concerti radiotelefonici del mondo intero. Come pure essi non vengono privati delle notizie delle loro famiglie e de' loro affari durante il viaggio, merito del telegrafo senza fili.

Ma che dire del T. S. F.?... Esso non è che ai suoi primi passi. Che cosa ci saprà dire fra poco? Poichè i suoi progressi sono, si può dire, quotidiani. Esso marcia verso l'avvenire a passo di corsa! E sta invadendo la terra e il mare.

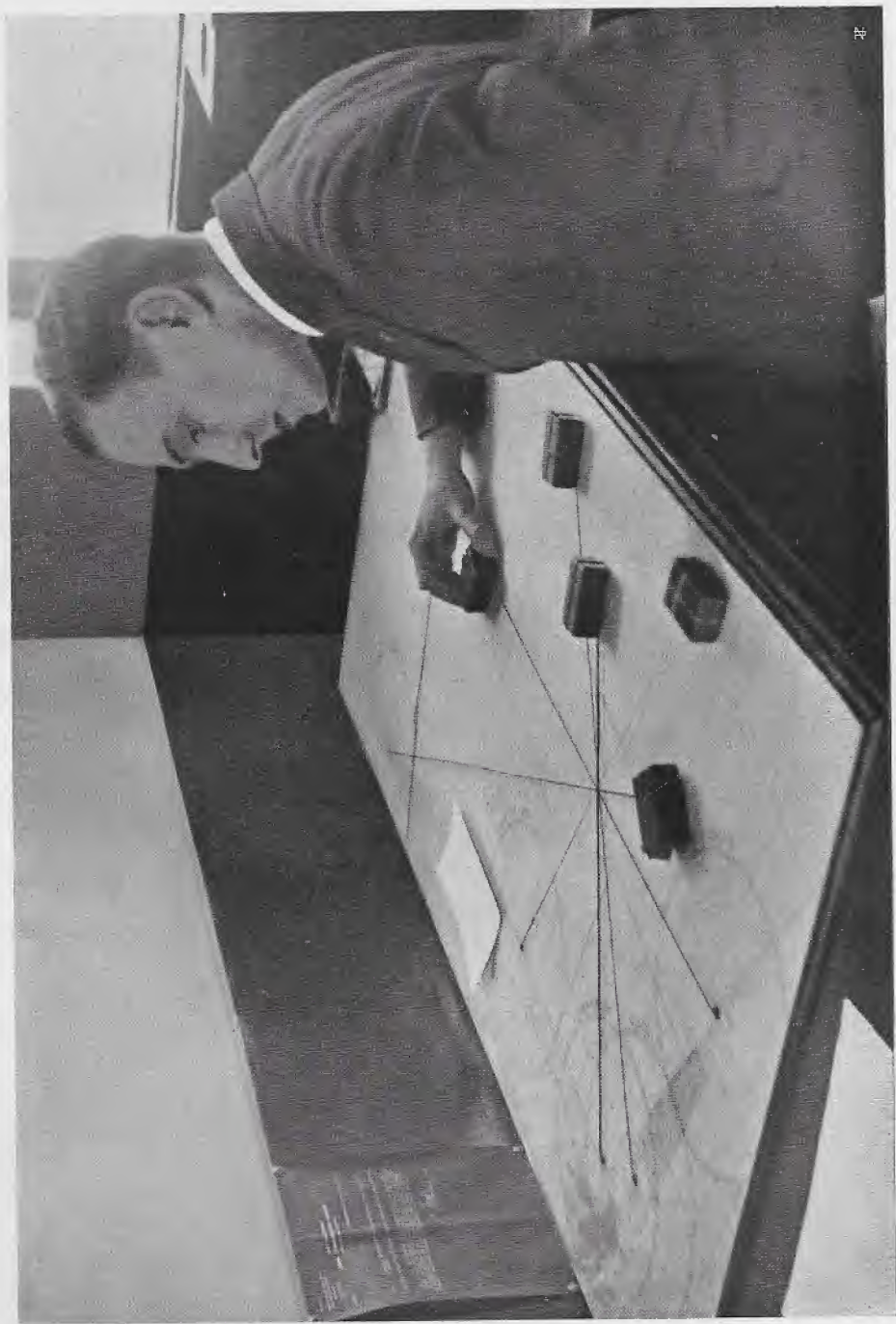
I classici fari per i naviganti vanno scomparendo sostituiti dai

I prodigi della meccanica d'oggi.

(Trasporto di una locomotiva con la filovia in America).

radiofari; i naviganti riceveranno a bordo tutte le notizie e le visioni possibili della terra e della loro casa. Converseranno con i loro cari e li vedranno: il padre riceverà il saluto con il sorriso dei suoi bambini, il figliuolo potrà mandare un bacio con la mano

La mamma, parlandole al telefono, vede la figliuola....
(Esposizione radiotecnica di Berlino).

e sarà veduto e ricambiato, in pieno oceano, dalla mamma lontana.

Per i naviganti non esistono più fondi di mare, scogli e banchi insidiosi; col *Sonic depth finder* — lo scandaglio acustico — il fondo del mare non ha più per lui alcun segreto. Segnalazioni sonore eviteranno le così frequenti nel passato collisioni fra navi nelle brume più spesse dell'oceano.

Così col *radiofaro* si determina la posizione di una nave sulla carta.

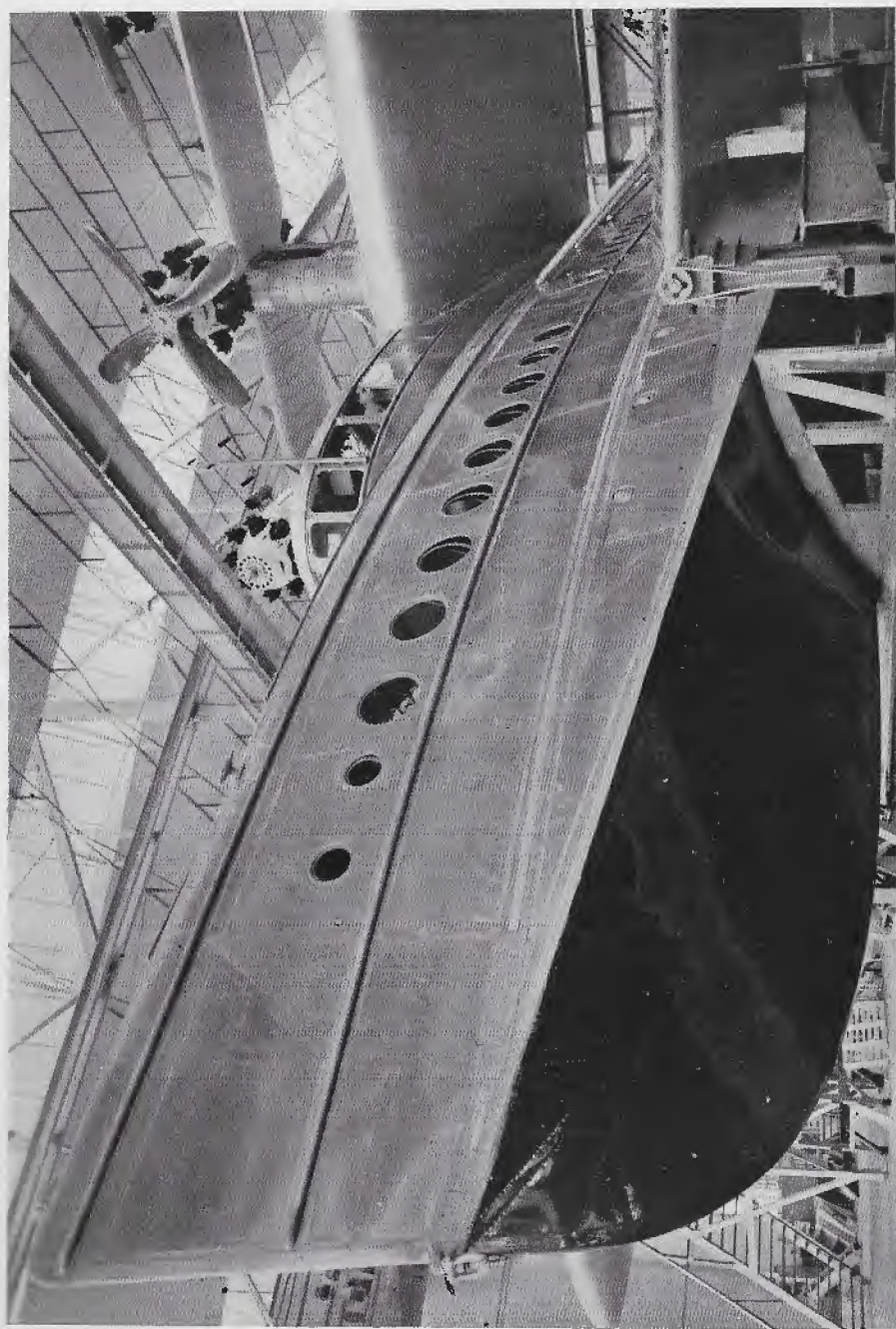
Ma altri orizzonti ci si aprono davanti inesauribili. E non sono romanzi della fantasia: come non fu sogno fantastico la promessa che, giovinetto ancòra, il Marconi faceva a' suoi ascoltatori increduli che presto si sarebbe parlato da un continente all'altro senza bisogno di fili elettrici... Ascoltiamo dunque, senza affrettarci a sorridere, le meravigliose promesse che l'aviazione moderna ci sta facendo. L'uomo potrà volare ad altezze fantastiche. In poche ore arriverà ai ventimila e più metri sopra la superficie della terra! Poichè verrà risolto il duplice problema: quello della possibilità per l'uomo di respirare a queste altitudini aeree, e quello per la macchina di poter volare in regioni ove l'aria è estremamente rarefatta. Il pilota volerà in una cabina ermeticamente chiusa, posta sotto una pressione conveniente, fornita di apparecchi speciali che gli forniranno l'ossigeno necessario per respirare. Il velivolo salirà nell'aria rarefatta, ove nessuna aquila superba mai ha osato sbattere le ali, in virtù della potenza del suo nuovo motore, che nulla avrà di comune con gli attuali. L'apparecchio del Cierva, e gli altri tentativi venuti dopo questo, già ce ne dicono qualcosa. E ci si promettono, ancòra, i viaggi inter-spaziali con il *razzo* tramutato in veicolo, fra un pianeta e l'altro!...

Tutto questo è ancòra da realizzare: ma si sta studiando. E la scienza di oggi arriverà a tutto...

E possiamo — senza cadere nel rimprovero di fantasticar troppo — continuare nella sintetica visione di questo mondo di domani che la scienza ci va alacremente preparando.

L'aviazione verrà rivoluzionata. Avremo « torpediniere » aeree che in poche ore da Roma piomberanno — è l'unica parola adatta — a New-York... Le grandi distanze non esisteranno più!...

Ma altri studi più misteriosi (e sono quelli fra' quali il lettore penetrerà con noi seguendoci sopra queste pagine) si vanno compiendo nel silenzio geniale dei nostri laboratori scientifici. Il suono ci presenterà fenomeni mai imaginati. Proiettando nell'aria, con meravigliosi nuovi apparecchi, onde elettriche udremo formarsi nello spazio parole e intere frasi quali potrebbero uscire dalla bocca dell'uomo.

Intanto i misteri del nostro spirito vengono sottoposti a indagini nuove. Si sta studiando il grande mistero della vita, il secolare,

La nave aerea di domani.

anzi millenario problema che tanto ha dato da fare ai filosofi di tutte le epoche. Il nostro corpo, inoltre, rinserra forze che ancòra non conosciamo. La scoperta di esse creerà un'umanità nuova.

La terra che abitiamo rinserra enimmi che nessuno mai ha spiegato. E il mondo dell'invisibile al nostro occhio è pieno di segreti ancòra da decifrare, forse più meravigliosi di quelli che già in esso conosciamo. Così oggi la lente dello scienziato va indagando nel mondo dei *micri* — dei piccoli — i grandi segreti del *macros*, cioè dell'infinitamente grande.

***

Tutto questo ci promette — e altro ancòra — la scienza di questo nostro secolo intellettualmente audace, degno figlio del secolo preparatore che lo ha preceduto.

Il grande fisico Lipmann ci ha lasciato scritto: « Per un grande numero di secoli la scienza è stata empirica o troppo spirituale e l'industria ha proceduto a tentoni: da soli cento anni la scienza s'è sviluppata più che non ha fatto nelle migliaia di anni che ci hanno preceduti e l'industria meccanica realizzatrice corre oggi a passi da gigante ».

Che cosa sarà — è lecito domandarci — il domani del mondo? Non lo sappiamo bene. Ma possiamo concederci d'immaginarlo. La terra risonerà tutta delle voci di ogni suo angolo. La visione a distanza farà di essa uno spettacolo unico. L'Oceano avrà perduta la sua solitudine paurosa. L'occhio dell'uomo avrà annullata ogni distanza. Molti segreti del mondo ignoto che ne circonda avranno perduto l'aspetto pauroso che tuttora per noi conservano. L'uomo sarà più conscio di sè stesso, perchè meglio conoscerà le forze universali delle quali egli è parte. E sarà più forte. Ma sopratutto sarà più religioso.

Poichè l'idea di Dio si sarà ingrandita.

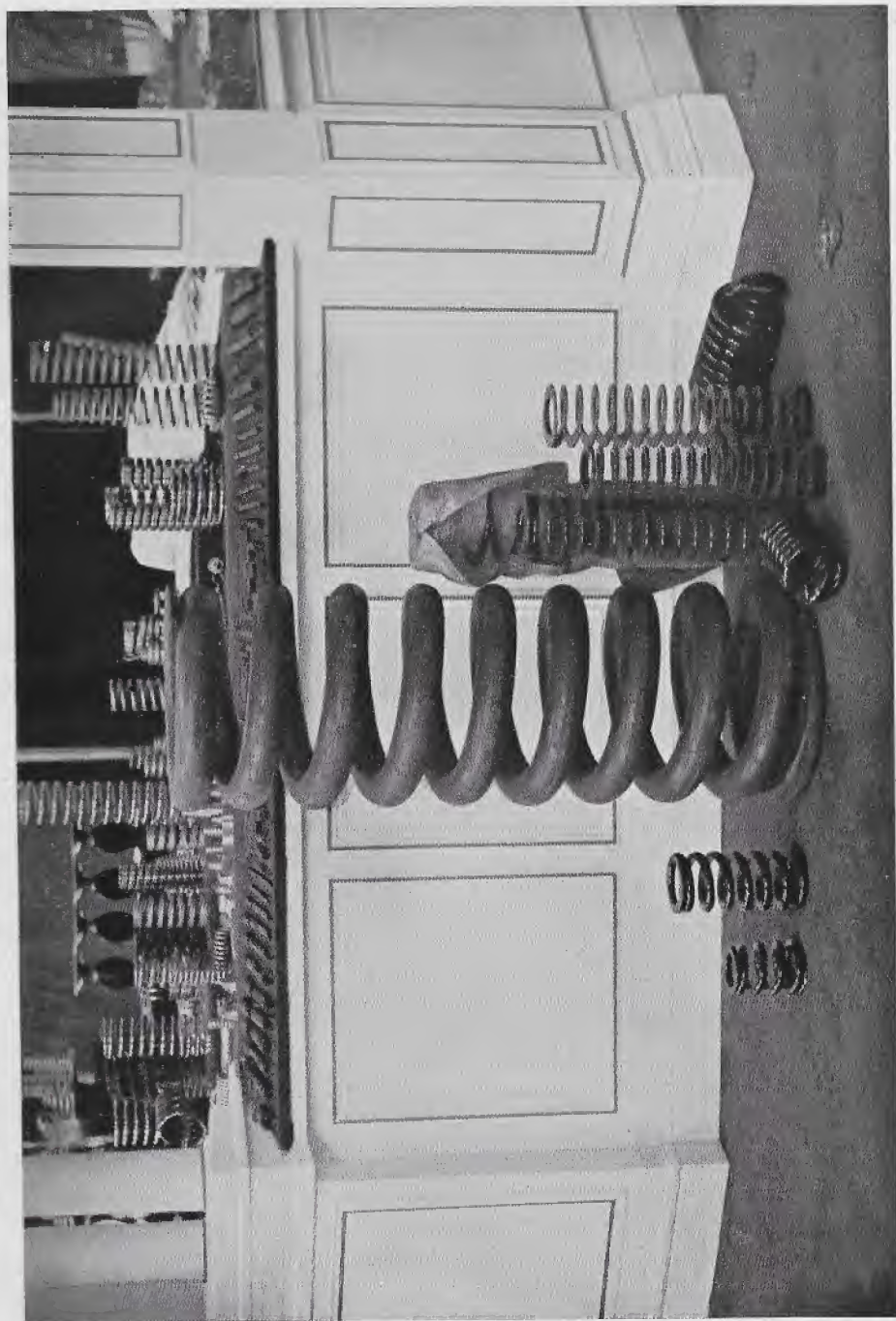
***

Ma se il pensiero moderno ha abbandonato l'idealismo geloso dei tempi platonici che, come dicemmo, faceva disdegnare l'applicazione delle scoperte teoriche della scienza ai bisogni materiali della

I concerti della radio ci fanno compagnia durante il viaggio.

nostra vita umana, è però ritornato, con forze nuove e con ben altre conquiste mentali, al grande problema che tormentò, con i filosofi dell'antichità, tutte le grandi menti speculative. Il nostro pensiero d'oggi è ritornato, cioè, al grande « problema delle cause ».

La grande totalità degli uomini — scrisse un giorno sir Olivero Lodge — vive tra fenomeni dei quali non si cura e meno conosce. Gli uomini, nella grande loro maggioranza, vedono corpi cadere a terra, odono suoni, accendono fuochi, ammirano i cieli roteare sopra la loro testa, ma ignorano le cause segrete e gli intimi lavorìi che li producono...

Così osservando il fragoroso e complesso movimento d'una delle nostre grandi macchine, a vapore o elettriche, voi sarete portato ad ammirare il meraviglioso e preciso giuoco meccanico delle varie parti di essa; arriverete sino a pensare come tutti que' movimenti, paurosi per la forza che sviluppano ma docili e disciplinati alla mano dell'uomo che li regola, sien dovuti alla forza espansiva del gas o all'energia elettrica, imprigionata con genialissima potenza dominatrice dalle grandi menti dell'umanità che da Volta a Galileo Ferraris se ne sono, per noi, fatte padroni. Ma se vi movesse la curiosità di sapere dall'ingegnere che vi fa ammirare la bellezza della sua macchina in pieno movimento da quali forze le varie sue parti vengano animate, egli vi risponderà regolarmente così: « Dalle diverse forme dell'energia esistente in natura, la quale si presenta a noi sotto i suoi vari aspetti, che sono l'elettrostatico, il magnetico, la gravità, il calorico e quello chimico. La mia macchina trasforma questa energia in lavoro e forza motrice ». E se voi continuate, sempre più curioso e incoraggiato da questa chiara risposta, le domande e chiedete: « Ma in qual modo dalla grande energia unica che mi avete detto esistere in natura si bipartono queste forze diverse per arrivare alla vostra bella macchina, trasformate in quella particolare che ad essa occorre per renderla fragorosa e pulsante quasi come un essere vivo? Quale causa o ragione intima muove la vostra grande energia universale a diventare elettricità o vapore, forza esplosiva del gas o gravità, calorico o lavorìo chimico?... » il vostro tecnico amico vi guarderà un poco perplesso e poi vi dirà: « Non tocca a me rispondere a questa vostra curiosità: essa rientra nella famosa ricerca delle « cause

Da ove viene l'energia che fa scattare le molle?...

prime » fatica particolare della filosofia, sia pure scientifica quanto volete, ma filosofia ».

Le risposte diventeranno sempre più complesse se, guardandovi intorno, venite còlto da altre curiosità da soddisfare. Donde viene la misteriosa energia che fa scattare le molle, di tutte le grandezze, che l'uomo adopera nelle sue industrie?... Qual'è l'intima forza che scaturisce dalla caduta dell'acqua, forza che convogliata dall'uomo in tubi e fili diventa luce, calore, movimento di vaste officine e creatrice di ricchezza?... Chi dà alla dinamite la formidabile sua forza esplosiva, capace di ridurre in frantumi il più solido edificio?... Quale nascosta energia sbocca dai vulcani sotto forma di fuoco liquido e di potenti vapori che s'innalzano al cielo?...

Chè se noi poi entriamo nel campo biologico, e cioè nei fenomeni che si riferiscono alla vita, le cose si complicano sempre di più. Chi dà al piccolo virgulto ch'esce dal seme germogliato sotto la terra la forza veemente di levarsi in alto, spezzando spesso le più dure croste terrestri, disubbidendo alla forza di gravità che lo richiamerebbe in basso?... Il botanico vi parlerà di quella certa sua particolare « forza viva » ch'egli chiama geotropismo negativo e che agisce in senso contrario all'attrazione terrestre: ma più di questo il botanico non saprà dirvi. O se cercherà di darvi una ragione di questa « forza viva » dovrà ricorrere a induzioni o ipotesi che si ricollegano con l'energia universale che sopra abbiamo accennato a proposito della bella macchina. Siamo dunque anche qui di fronte a un mistero, o meglio ad un enimma, per il quale è difficile poter rispondere con parole precise ed esaurienti.

Ora di questi enimmi la scienza moderna è ancòra piena. Si può dire che ne incontriamo ad ogni piè sospinto. Tanto è vero che la storia dell'ultimo cinquantennio scientifico ci apparisce come un continuo incalzarsi d'ipotesi e di teorie che si rinnovellano, cercando le vie nuove e ancòra ignote, distruggendosi a vicenda.

Basti accennare alla vera rivoluzione che in tutte le classiche teorie della fisica della materia e delle forze ha portato la scoperta del radio: le nuove ipotesi e le induzioni si susseguono tuttora distruggendo le ultime, ritornando talvolta sopra sè stesse, lontane tutte ancòra da quella mèta che intuiamo, ma che forse non raggiungeremo mai, e che dovrebbe, nel nostro orgoglio, essere la definitiva.

La formidabile forza esplosiva della dinamite.

Mèta superba, perchè dovrebbe essere la *rivelazione* della vita nell'universo, sogno di tutte le menti, dall'antichità a noi, scopo finale dell'umanità.

⁂

E a questo punto dobbiamo, per fare una constatazione molto importante, ritornare ancòra un momento ad un concetto che già abbiamo accennato.

L'antichità — il lettore lo ha veduto con Platone — sdegnò discendere dal suo mondo intellettuale e incorporeo per occuparsi del materiale e del sensibile, occupata come fu dell'essenza delle cose, delle cause prime e finali dei fatti fisici, cercando di cogliere l'intima natura dei fenomeni della vita e dello spazio.

E questo spirito, che fu chiamato « aprioristico », passato dall'antichità classica alle nuove êre dei pensatori e degli studiosi, durò, si può dire, sino alle porte del nostro grande Rinascimento scientifico e filosofico. Ma ambedue le grandi scuole antiche — i classici e quelli che ne ereditarono il pensiero — non s'accorsero di una cosa: che mancava loro il materiale positivo, la base sensibile, la conoscenza esatta dei fatti terrestri, gl'istrumenti, tutto quanto di palpabile, di visibile e di pratico, poteva, e solamente, fornirci i dati matematici e precisi, e quindi sicuri, per poterne indagare la intima natura.

Occorreva questa conquista. E non la si poteva avere che con una grande reazione al pensiero antico, una vera rivoluzione, nel modo filosofico di vedere la scienza, dal come la vedevano gli antichi. E questa reazione fu opera del nuovo pensiero moderno, dovuto al Rinascimento italiano. Due grandi nomi ci s'affacciano subito alla mente: Leonardo da Vinci e Galileo Galilei.

Quando Leonardo, in atto di dipingere un mazzo di fiori e di fronde, lasciò in disparte un momento il pennello per mettersi a considerare questi fiori e queste foglie e poi appuntò con la matita sopra il margine dei suoi cartoni il resultato delle sue osservazioni — precorrendo quello che poi avrebbero detto un giorno più a noi vicino i botanici moderni — iniziava, senza saperlo, il *metodo sperimentale,* che poi Galileo doveva lanciare come il grande fondamento della scuola scientifica moderna.

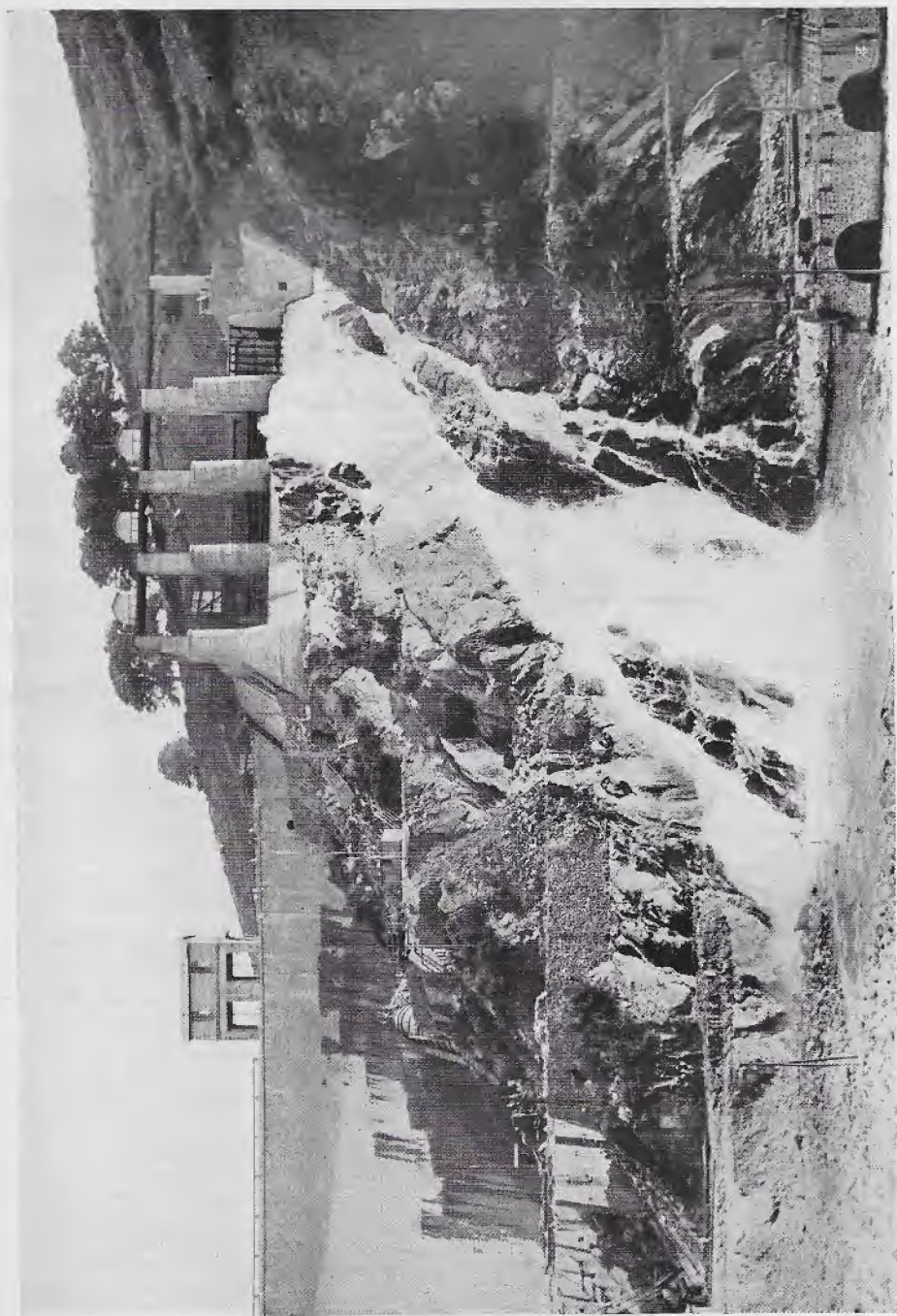
La nascosta energia che sbocca dai vulcani sotto forma di potenti vapori...

Con Galileo si apre veramente una nuova êra, non solamente per la scienza, ma per l'umanità, trasformata dalle meravigliose scoperte che il metodo sperimentale doveva far fiorire. Il quale metodo ha trionfato da Galileo a noi, passando, come eroe vittorioso, da conquista a conquista. Un'altra forza potente venne in ausilio al nuovo pensiero: la matematica. Se Galileo additò con sicurezza la strada nuova da percorrere nelle indagini di tutti i fenomeni naturali, Isacco Newton e Cartesio (Renè Descartes 1596-1650), dettero al pensiero scientifico la guida e il linguaggio più sicuro: quello ineluttabile della logica e de' simboli matematici.

Tutta la scienza moderna — e più che mai la fisica — deve la sua potenza d'oggi all'impulso galileiano e allo spirito matematico del quale Newton la compenetrò.

L'applicazione del metodo è questo: con la paziente e ingegnosa osservazione viene scoperto il processo che la natura segue nella produzione del fenomeno; il calcolo ci dà i rapporti di grandezza che sussistono fra le condizioni fondamentali di questo processo, e ci rivela le leggi « quantitative » che ci dànno il mezzo d'applicare, con misura preveduta, il processo scoperto allo scopo di produrre determinati effetti.

Ogni teoria moderna deve — oggi — passare per due ben distinti periodi: il primo è quello di raggruppare in ordine proprio la maggior quantità di fenomeni raccolti, il secondo lo studio degli intimi rapporti che legano fra di loro questi fenomeni. Quest'ultima parte del metodo moderno è quello che ci dà il mezzo di dedurli l'uno dall'altro in modo da conoscere la natura dei fenomeni ignorati.

Il secolo decimonono — che fu il grande erede della rivoluzione scientifica — accentuò e persino esagerò questo spirito che noi abbiamo ora portato alla sua giusta misura. Esso abolì tutte le *ipotesi* per sostituirvi solamente le prove reali (o credute tali) ottenute studiando direttamente, nel loro aspetto più sensibile per noi e quindi materiali, i fenomeni naturali. La scienza dell'Ottocento fece suo questo postulato fondamentale: « Il fisico non ha bisogno di nessuna ipotesi la quale sorpassi il puro campo del fatto sperimentato ». Difatti, stabilito un principio, lo si seguì con l'indagine della lente microscopica in tutte le sue manifestazioni, fissandolo e determinan-

L'intima forza che scaturisce dalla caduta dell'acqua...

dolo con le formole algebriche che contengono in sè la immutabilità — e si potrebbe quasi dire la fatalità — della realtà matematica.

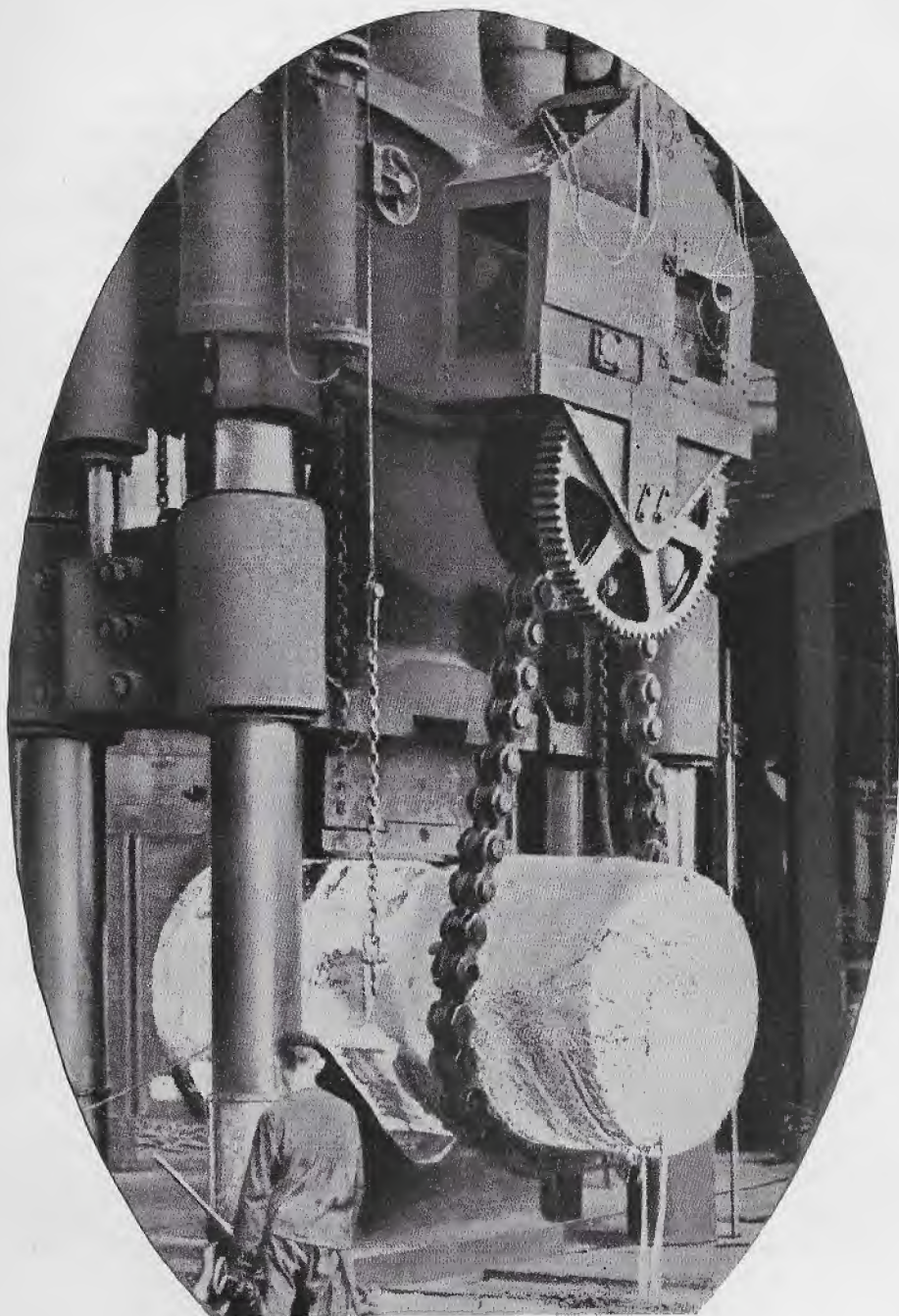
In questo modo la « scienza sperimentale » ha fornito gli elementi base e gl'istrumenti al pensiero scientifico nuovo, quello dei nostri giorni. Questa è stata l'opera mirabile conclusa con l'Ottocento.

Oggi noi ci siamo ricollegati agli antichi. Ma con ben altra preparazione, con ben maggiore ricchezza mentale di esperienza. Tutto un grande passato di ricerche e di analisi, oggi, è in nostro potere e forma il nostro patrimonio. E noi possiamo quindi — senza soverchie paure di cadere troppo nell'astratto e nel metafisico — andar a ricercare presso gli antichi le intuizioni loro — informi per necessità ed incomplete — che ci hanno lasciato in eredità perchè da noi, fatti maggiorenni nel pensiero, si riprendano e si completino. Il lettore seguendo queste pagine, vedrà quante eredità di intuizioni ci ha lasciato il mondo dei pensatori antichi!

Poichè noi — che abbiamo largamente arricchito ma non esaurito ancòra il processo sperimentale che da Galileo, Newton agli altri grandi pionieri della scienza moderna abbiamo sin qui seguito, e che dobbiamo ogni giorno completare — sentiamo oggi, ch'esiste puranche un *al di là* della scienza positiva, un « al di là » ove non giunge la lente del microscopio e che non c'è possibile più fermare nelle formole matematiche — che sono la « realtà » nostra — ma *solamente nostra*, la quale può benissimo non essere quella del resto dell'Universo.

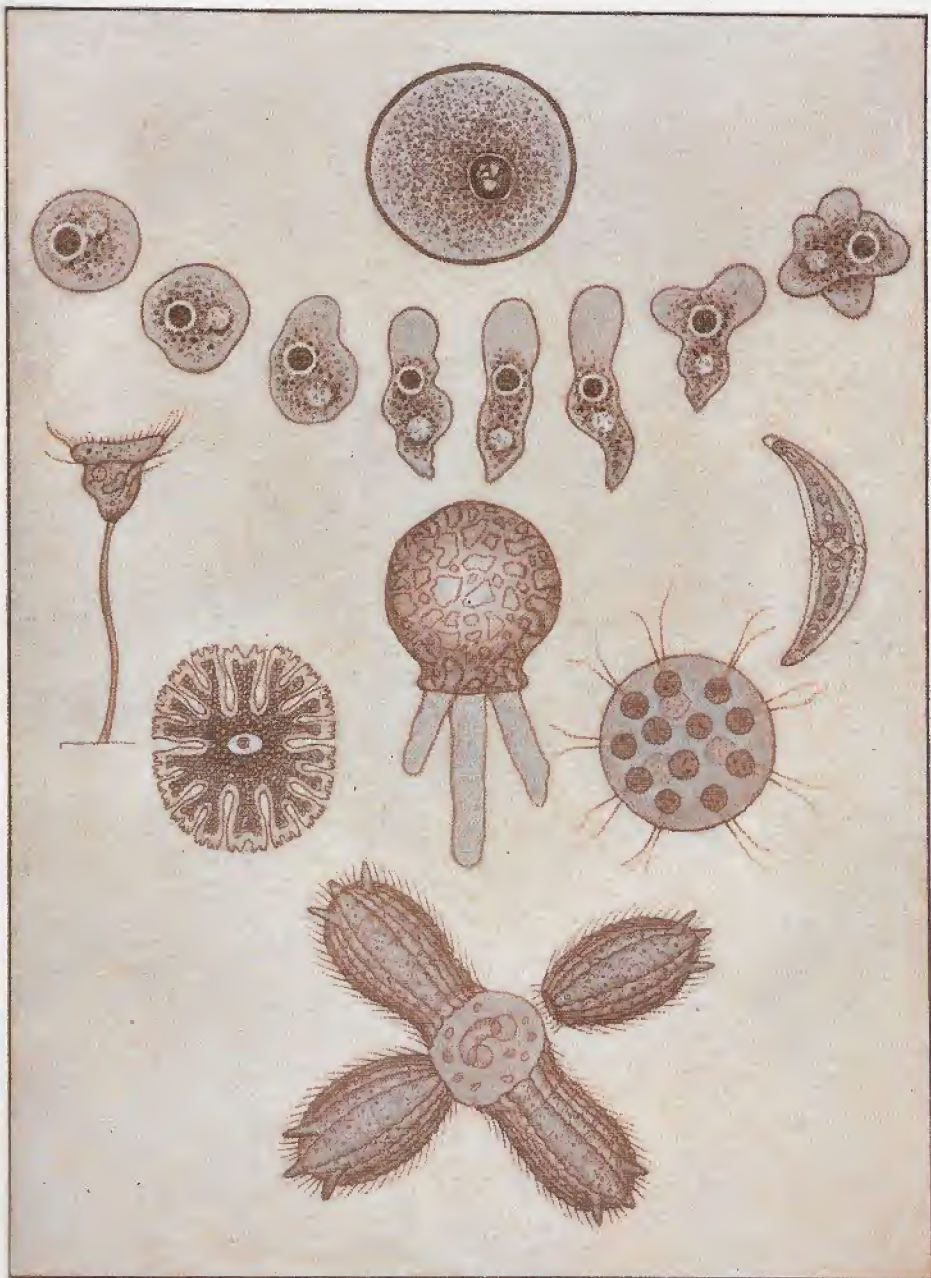
E nell'indagine e nell'intuizione di questo « al di là » della scienza è riposta l'orgogliosa missione del nostro secolo.

***

Abbiamo detto che la scienza moderna ci sta rivelando una quantità di enimmi davanti ai quali c'è giuocoforza arrestarci perplessi. Questo nostro libro vorrebbe penetrare — con le chiare e semplici parole che sono comprensibili a tutti — contentandosi spesso, e per forza, di solamente additarli — nei misteri delle cose naturali che ne circondano (e delle quali facciamo parte anche noi) i quali riuniti formano quel grande Enimma ch'è l'Universo vivente.

Con la macchina l'uomo ha centuplicate le proprie forze.

Il nostro lettore non deve spaventarsi dell'arduo soggetto al quale ci siamo accinti: noi non pretendiamo davvero di scoprir nulla, nè di dire nessuna definitiva parola. A noi basti l'additare al lettore e soffermarci con esso ne' punti oscuri sui quali la scienza non ha saputo ancòra gettar il suo raggio di luce bastevole per rischiararceli, e accompagnarlo fra mezzo le ipotesi più discordi che l'uomo vi ha ricamato sopra. Sarà un viaggio attraente — questo attraverso gli enimmi della scienza — ma assai difficile da fermare sulle nostre pagine in modo che possa essere da tutti compreso nella sua complessa chiarità. Poichè noi saremo costretti a rinunciare all'uso delle parole sintetiche e convenzionali della scienza, nonchè all'aiuto delle formole matematiche che in pochi e ben riconosciuti simboli dànno il modo agli iniziati di afferrar subito il concetto delle verità significate senza il bisogno di discorsi e di lunghe spiegazioni. Ma il nostro libro deve essere scritto per tutti: il nostro vuol essere un discorso amichevole svolto fra noi e il lettore. Suppliremo quindi al matematico e preciso linguaggio scientifico sforzandoci più che ci sarà possibile d'essere chiari e convincenti.

Occorre tener anche presente che questo nostro non è un trattato. Ci occorrerà talvolta, per maggior comodo del lettore, richiamargli nozioni e teorie studiate a scuola e naturalmente dimenticate poi nella vita, ma, ripetiamolo, ciò faremo unicamente per facilitargli la comprensione delle nostre argomentazioni; poichè non è còmpito di queste pagine svolgere a pieno e con metodo continuativo le teorie scientifiche sulle quali baseremo il nostro discorso. Il quale, diciamolo ancòra una volta, non ha che un'ambizione: quella di essere piano, chiaro e non troppo noioso.

Opera ardua, senza dubbio, più di quanto forse il nostro lettore non imagina. Ma se non sempre vi saremo riusciti, voglia egli tenerci conto, se non altro e manzonianamente, della buona intenzione e volontà.

Dalla cellula alle prime forme di vita.

(*Cellula* — *Amebe* — *Vorticella* — *Difflugia* — *Closterium* — *Enostrum* — *Endosina elegans* — quattro *Coleps irtus* che assalgono un granello nutritivo).

Capitolo Primo

NEL MISTERO DELLE ORIGINI DELLA VITA.

È di questi giorni — mentre scriviamo — la risposta che Gustavo Le Bon, l'autore della *Evoluzione della materia*, dava a chi gli chiedeva quale poteva essere la più grande scoperta della scienza di domani: « Sarà quella sull'origine della vita. I fenomeni, sinora, in generale non sono conosciuti che dalle relazioni che li lega. Occorre ricercarne le cause fondamentali ».

E a noi piace incominciare questa nostra corsa tra gli enimmi della scienza con questo grandioso, profondo ed anche, sotto certi aspetti, pauroso problema. Già che tutti i campi nei quali in seguito spazieremo per coglierne la incognita insoluta sono manifestazioni di vita, è bene incominciare il nostro libro indagando appunto quali sono le origini di questa vitalità che anima il nostro globo: tema vasto, multiforme, ricco di luci ma pur sempre nascosto da fitte ombre.

Il problema è duplice. Esso va impostato cercando di conoscere, in un primo tempo, il momento in cui la materia inerte si anima, riceve il primo soffio di quel grande arcano che si chiama vita, e comincia ad esistere sotto l'aspetto di « essere vivente »; quindi, riandando fra le varie ipotesi, esaminare da dove o come questo primo germe vitale sia disceso o comparso sul nostro globo per iniziarvi la vita, che doveva poi su di esso straripare potente.

E dobbiamo cominciare col dire come vi fu un giorno, a noi ancòra molto vicino, in cui il grande enimma fu creduto quasi svelato. Gli scienziati dell'Ottocento, credettero, in un certo momento,

di poter dire: « La scienza ha per sempre abbattuto tutti i vecchi errori: *la natura ormai non ci appare più come una cosa misteriosa e inscrutabile, ma piuttosto come una legge chiara ed evidente* ».

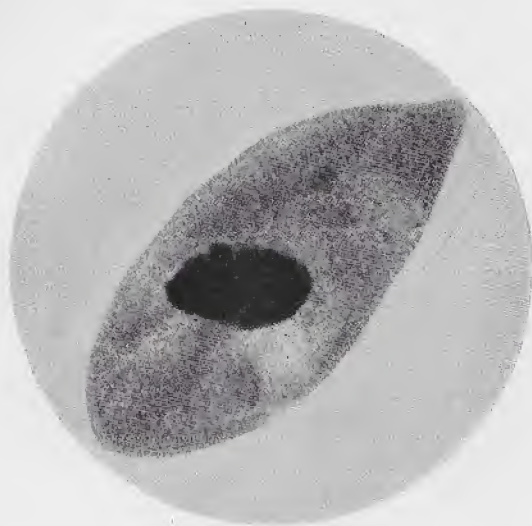
Fu un momento di nobile quanto, ahimè, vano orgoglio, dovuto, come vedremo, al grande innegabile passo avanti che la scienza dell'ultimo secolo fece fare al pensiero scientifico. Ma lo scienziato di oggi ha dovuto ritornare indietro: e nulla meglio delle parole di Carlo Ewald Hering, l'eminente professore di fisiologia all'Università di Lipsia, (uno degli spiriti più modernamente illuminati fra gli scienziati del nostro secolo), possono esprimere il pensiero della scienza di oggi davanti al grande mistero: « *Noi abbiamo ormai imparato ad essere modesti: e dove ritenevamo in passato di essere penetrati nel più intimo recesso della vita, oggi noi riconosciamo di averne appena appena percorsa l'anticamera* ».

Però dobbiamo riconoscere — e già lo dicemmo — come anche in questo l'opera della scienza dell'Ottocento sia stata veramente grande, e che come tale resterà nella storia del pensiero umano. Essa ci ha dato una scienza nuova, la « biologia » la quale, modernamente intesa, è scienza e filosofia ad un tempo. La *biologia* moderna è la storia e lo studio dei fenomeni della vita. Ora essa si prefisse di dimostrare il *come* dei fenomeni vitali, rimandando a noi d'oggi l'indagarne il *perchè*. È dunque una preziosa eredità che ci ha lasciato la scienza del secolo decimonono. La quale si concretizzò sopra questo postulato fondamentale, sul quale basò tutte le sue poderose ricerche: « Tutte le cose, dai minerali alle piante ed agli animali, come dalle idee alle società degli uomini, risalgono ad una *legge comune*, ad una medesima *causa iniziale* che può essere rivelata dalla indagine scientifica ».

Fermi dunque sopra questo concetto base gli scienziati ottocenteschi si disinteressarono di tutti i dubbi e delle divagazioni d'indole trascendentale che sempre turbarono gli studiosi ed i filosofi di altri tempi e delle diverse scuole, per non dedicarsi che ad approfondire le analisi più minute della fisiologia, portandoci a quel patrimonio di conoscenze nel campo anatomico che forma oggi la nostra vera ricchezza scientifica.

È questo, ripetiamolo ancòra, il carattere più tipico della Scienza del secolo che, ancòra a noi così vicino, da poco ha chiuse le ali.

Essa non s'è occupata che di studiare sino in fondo il mondo delle cose, rivelandocene il meraviglioso intimo meccanismo. Guardando con i suoi freddi occhi matematici sino al fondo del *come avviene* il grande fenomeno della vita, l'Ottocento ha assolto il suo còmpito e s'è fermato.

Ha lasciato a noi il secondo, più vasto: quello di guardare con

Prime forme della vita.
(Paramaecium).

occhi nuovi quell'*al di là* della scienza ove s'adagia il grande Mistero che gli uomini si sono, con le loro religioni, sinora contesi.

***

La *biologia* intanto cominciò le sue ricerche partendo da un principio giustissimo. Per giungere — essa si disse — ad una possibile soluzione dei problemi della vita è necessario incominciare dai fenomeni elementari e non da quelli composti e complessi. Occorre quindi andar a indagare gli organismi più semplici, e cioè gli esseri viventi primordiali, che sono gli unicellulari.

Da questi organismi, che possiamo chiamare primitivi, si può avere la rivelazione del come s'iniziano i processi vitali. E si studiò anzitutto la *cellula*.

Nacque così la *Citologia*, ch'è appunto la scienza che studia le cellule. Scienza piena di meraviglie, come sono tutte quelle che si

Prime forme della vita.

(Piccolo crostaceo Cyclops *in simbiosi con una colonia di* Vorticelle).

sprofondano nell'invisibile ai nostri occhi, non armati della lente microscopica. Scienza tutta nostra e moderna, della quale gli antichi non ebbero idea. E dobbiamo a un naturalista italiano il vanto d'aver messo in luce la struttura della cellula vegetale, la quale aperse poi la via alla conoscenza di quella animale. Fu Marcello Malpighi nato nel 1628 a Ronchi presso Crevalcore (Bologna) morto a Roma nel 1694, medico del papa Innocenzo XII. Il Malpighi nella sua opera *Anatome Plantarum*, da lui presentata nel 1675 alla Società Reale di Londra, presentò pel primo la struttura degl'intimi fatti della organizzazione cellulare dei vegetali. Otto anni prima, il fisico

inglese Hoocke, osservando certe sottili sezioni di sughero aveva notato com'esse fossero costituite da tante piccole cavità che gli sembrarono quelle di un alveare di api e che chiamò per questo *cel-*

Nel mondo microscopico.
(*Zigospore del* Phycomyces nitens).

lule. Però l'Hoocke non vide in esse che delle cavità disposte in una massa fondamentale, senza loro attribuire alcuna funzione speciale. Percui, tolto il nome che a lui dobbiamo, lo studio moderno della cellula ha inizio col nostro Marcello Malpighi.

Fu solo dopo questo nostro geniale botanico che lo studio della cellula entrò a far parte della fisiologia vegetale e animale, la quale

ultima fu conseguenza degli studi compiuti sulla prima. Così nel 1715 Leuwenhoek studiò pel primo i globuli rossi del sangue, il Brown nel 1833 scoperse il *nucleo* nelle cellule vegetali. Finchè i perfezionamenti del microscopio (ne' quali si segnalò pure un altro nostro connazionale, il modenese Giovanni Battista Amici, professore di astronomia a Firenze, nel 1807) dettero modo ai celebri creatori della Citologia d'oggi, il Purkinje, il Müller, l'Heule e tutti gli altri che avremo campo di ricordare, di pervenire ai grandi resultati odierni di questa branca delle scienze naturali.

Dobbiamo in tal modo allo Schwann la scoperta della grande importanza che ha il *nucleo* nella vita cellulare, al Dujardin le proprietà del protoplasma, ch'egli studiò con infinita pazienza negli infusori, animaletti costituiti da una sola cellula. Studi tutti che raccolti e concretati poi dal Kölliger e dal Virchov ci dettero modo di conoscere come la vita, nata con la prima cellula, si mantiene per la riproduzione di queste l'una dall'altra e finisce con la cessazione di questa attività generatrice cellulare. Tutta la vita vegetale ed animale è quindi riposta nella cellula. Grande verità che il Virchov, celebre professore di patologia nell'Università di Berlino (1821-1902), sintetizzò nel suo famoso aforisma: « *Omnis cellula ex cellula* ».

***

Ed ora penetriamo anche noi, col *citologo*, in quel mondo sconfinato e ai nostri occhi nudi invisibile, dei minimi della natura, degli infimi, che palpitano delle prime vibrazioni della esistenza e ne' quali sta forse nascosto il grande segreto della vita. Il biologo li ha chiamati *protisti*.

Siamo al vero limitare della vita. Queste piccole creature non sono ancòra nè piante nè animali. Sono solamente *esseri vivi!*... Rappresentano dunque la forma elementare della vita. Il loro corpo non è formato che da una sola cellula.

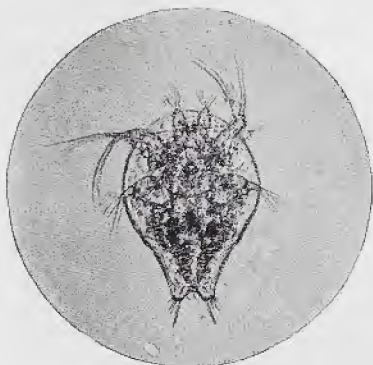
È un mondo pieno di meraviglie e sommamente pittoresco. Si potrebbe pensare che data la sommarietà del loro corpo questi piccoli esseri si presentino scialbi, scoloriti, poveri di forme. Ma non è così.

Vi sono dei *rizopodi* che, sempre restando unicellulari, ci si presentano al microscopio a foggia di stella, a raggi, a forma di piccoli fusi. Alcuni hanno forme veramente graziose. La vorticella ci

Nel mondo microscopico.
(*Sporangi del* Mucor mucedo).

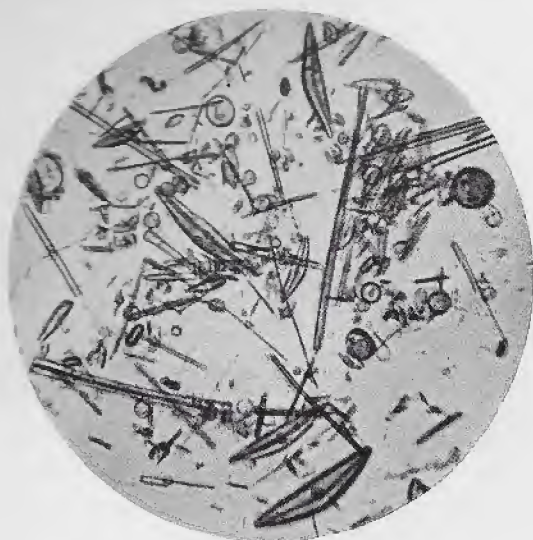
appare come una esile campana, fissata per lo stelo a piante od a minerali. V'è un *Closterium* che sembra una mezzaluna, e l'*Enostrum* disegnata da Haeckel, sembra un ricamo. Esse ostentano anche bei colori: come il *Closterium* che abbiamo nominato ch'è d'un bel verde intenso. Chè se poi passiamo ai funghi *Mixomiceti* è un vero

piacere degli occhi esaminarli al microscopio. Eccovi le bellissime pannocchiette della *Stermoniti fusca*, le testine eleganti della *Cibraria rufa*, i grappoli della fragile *Leocarpus* che vive sul musco. E i colori qui svariano vivacissimi. La *Trinchia* ci s'offre con le sue coppe color d'ocra graziose ed eleganti, l'*Arcyria* che vive sul legno corrotto è d'un bel rosso bruno e la *Stermoniti* è vestita di un bel violaceo quasi nero...

Abbiamo detto che siamo nel mondo dei piccolissimi. Il loro volume si aggira, in media, sulla *millecinquecentesima* parte di un millimetro! Se ne possono allineare decine di migliaia sopra l'estremità della nostra unghia. Il loro peso si può stimare intorno alla *milionesima* parte di un milligrammo e s'è calcolato che per farne un grammo ne occorre quanti sono espressi da questo numero 1.111.500.000.

Larva di *Nauplius*.
(Molto ingrandita).

Appartengono a questo mondo i piccolissimi organismi viventi che dànno al mare spesso colorazioni diverse per larghissimi tratti. Il « mare di latte » vien prodotto da orde di miliardi di piccoli *cigliati*, certe alghe microscopiche natanti dànno al mare una bella tinta verde oliva intensa, altre un verde smeraldo chiarissimo. Il *Protococcus Atlanticus* è un'alga talmente piccina che ne occorrono *quarantamila* per coprire un millimetro quadrato. Eppure i naviganti parlano di aver navigato per giornate intere in mezzo ai loro banchi: spesso si radunano in tanta enorme quantità da presentare chiazze rossastre di persino trecentoventi chilometri quadrati! È fra questi minutissimi esseri marini il *Tricodesmo*, una piccola alga scoperta da Eheremberg, che dà alla superficie del mare una vivissima tinta di porpora.

La loro vita è effimera. Non dura quasi sempre che pochi secondi. Ci racconta Darwin, di questi *effimeri*, che avendo messo in un bicchiere due dita di quell'acqua che appare di una tinta rossiccia pallida,

osservandola al microscopio, li vedeva scoppiare. « Era difficilissimo — ci dice — esaminarli con cura, perchè il loro corpo, solo passando nel campo di visione, scoppiava ». Dopo circa due minuti tutti quelli ch'egli era riuscito a isolare in una goccia d'acqua erano cosifattamente periti. Questa è tutta la loro vita. Sono affatto invisibili a occhio nudo e lo spazio che occupano fu calcolato all'incirca ai *ventimilionesimi* di metro quadrato! Ogni goccia d'acqua ne contiene

Le piccole alghe silicee che formano gli strati della « terra di Kieselgur ».

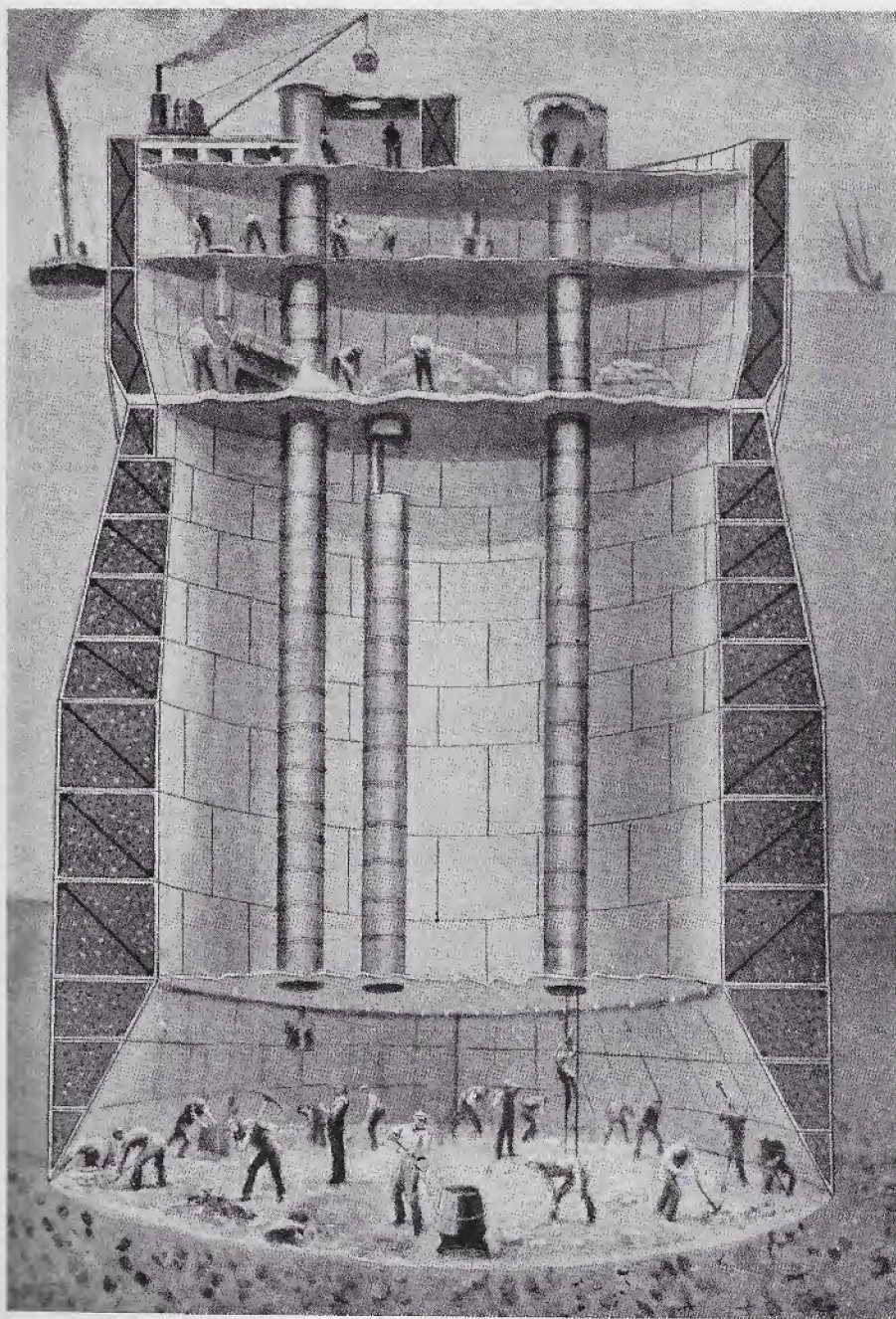
miliardi. E — lo abbiamo già detto — le fiumane oceaniche che li ospitano arrivano assai spesso all'estensione di molte miglia quadrate. Il che ci dà un'idea del fantastico numero di questi piccoli esseri dalla esistenza effimera.

E quale intensa vitalità li anima! La così detta *terra di Kieselgur* è formata da miliardi di piccole alghe imbevute di silice che con la loro formidabile moltiplicazione hanno formato strati geologici di molti metri di spessore. Spesso questa vitalità si presenta fatale per noi: che dire della spaventosa prolificazione, spesso in poche ore, dei diversi bacilli che affliggono l'umanità? Quello del tifo,

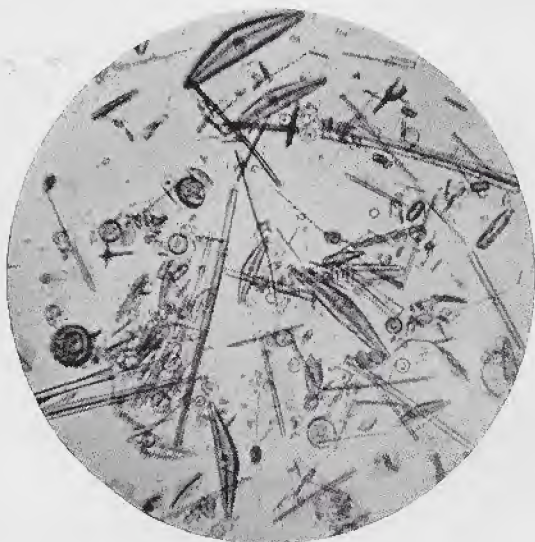
del carbonchio, della tubercolosi hanno bisogno d'ingrandimenti dalle 600 alle 1000 volte per essere percepiti al microscopio, eppure... ne conosciamo gli effetti letali!

Ma ritorniamo, col biologo, ai più semplici di questi esseri viventi, ai più elementari, come dicemmo, a quelli costituiti da una unica cellula. In alcuni di essi — come nelle *amebe* — questa cellula è del tutto nuda, in altri è rivestita da una membranella; certi *protofiti* (che sono, come poi meglio vedremo, le forme più semplici dei vegetali) ne hanno due, una interna sottilissima e un'altra un poco più spessa all'esterno. Il *citologo* c'insegna che questa loro cellula-corpo è formato da un protoplasma (detto anche *citoplasma*) con un nucleo. Alcune hanno, entro questo nucleo, un nucleolo. Altri, di questi microrganismi, sono un poco più complicati, pur rimanendo sempre unicellulari. Molti infusori portano certi *vacuoli* pulsanti, altri ancòra si fabbricano una abitazione di sostanze minerali. Così le *diatomee* — le cui spoglie morte vanno poi a costituire a miliardi di miliardi il fondo del mare — hanno gusci di silice. Vi sono poi alcune di queste infime creature della vita, come le *difflugie* (una ameba) che si costruiscono le case con gusci di diatomee, ed anche con grani di sabbia, lasciando una piccola apertura da cui fanno uscire i così detti *pseudopodi*, le primissime forme di tentacoli, che altro non sono che un prolungamento del protoplasma che li compone. Così nelle *amebe* la forma del corpo muta sempre per la continua formazione di questi « pseudopodi » rivolti in differenti direzioni.

Questi primi esseri della natura vivente possono vivere isolati, ma molto spesso si raggruppano in piccole colonie, come la *Eudosina elegans*, ch'è una vera e propria colonia di flagellati. È curioso esaminare un poco questa piccola società. I singoli individui di essa sono compresi in una massa gelatinosa che li tiene riuniti in comune. Essi però conservano la loro indipendenza e individualità, sì da potersi separare in certe funzioni della loro opera vitale, quale la riproduzione, come vedremo.

Tutti questi piccoli esseri si muovono. I così detti *flagellati* prendono il nome dal *flagello*, che è un filamento più o meno lungo, per mezzo del quale si muovono nell'acqua ove vivono. Altri ne hanno più d'uno, come l'*Hexamitus inflatus* che arriva ad averne

Mentre il biologo indaga il mistero della vita, l'uomo d'oggi lavora nelle profondità dei mari. *(Cassone ad aria compressa)*.

sino a sei. Molti infusori hanno il corpo circondato da « ciglia vibratili », mentre altri sono forniti di certe « piastrelle natatorie » munite di ciglia. Abbiamo veduto le *Difflugie* che, chiuse ne' loro gusci, mettono fuori da una piccola apertura di questi i *pseudopodi* che possono allungare e ritirare. Ma questi non sono organi di movimento, ma bensì di presa.

Curioso è il modo di muoversi delle Diatomee, delle quali già

Diatomee dal guscio siliceo.
(Molto ingrandite).

abbiamo parlato per i loro gusci silicei. Esse mandano fuori dalla loro sostanza certi sottili filamenti che servon come da remi. Più originale e strano è il modo di camminare dei *Closterium*: essi emettono una secrezione di muco che li spinge in avanti.

Ma la più elementare di tutti è l'*ameba*. È completamente nuda, non manda fuori escrezioni di sorta. Eppure si muove. Come fa? Allungando la sostanza del suo corpo ne' pseudopodi che conosciamo, che allunga e ritira, mutando così continuamente di forma.

Ma vi sono delle cellule ancora più semplici e povere. Esse non

hanno ciglia, non hanno flagelli, non possono allungare pseudopodi, eppure si muovono con maggiore velocità di tutte queste che abbiamo vedute! Lo fanno col loro moto rotatorio. E questa è la cosa più meravigliosa, perchè questo moto rotatorio della cellula semplice e nuda è il mistero più grande della natura vivente: *è la vita stessa.*

***

Poichè è con il *moto* che incomincia la vita. E la origine di questo moto è il mistero impenetrabile, finora, di tutte le esistenze: da quella della prima cellula libera in fondo alle acque alla nostra di noi uomini.

Non dimentichiamo che noi non siamo che colonie di cellule. E che ognuna di esse rinchiude il suo mistero di vita. La riunione di esse forma quello grandissimo del nostro orgoglioso spirito vitale.

Ci conviene dunque andarne a indagare l'enimma in queste primordiali e di fronte a noi — ma non per la natura — umilissime creature viventi.

Spermatozoi.

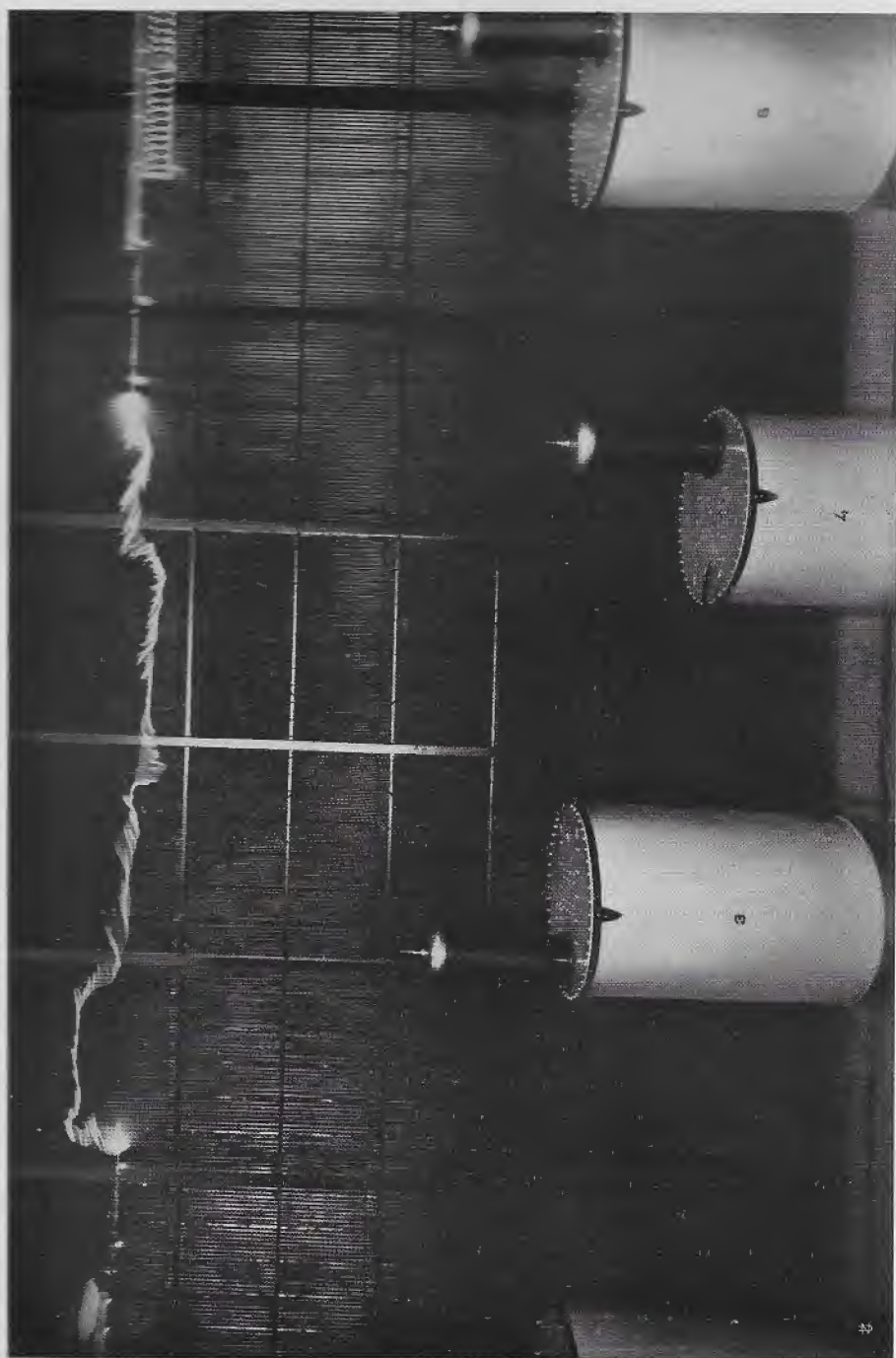
E prenderemo a protagonisti del nostro esame due modestissime alghe unicellulari: il *Protococus pluvialis* e la *Vaucheria.*

Sono tra i piccolissimi esseri de' quali abbiamo discorso sinora. E li vediamo iniziare il loro ciclo di esistenza in questo modo. Ambedue sono costituite in origine da una cellula immobile. La si direbbe morta. Ma ecco che l'involucro di questa cellula immota ad un tratto si rompe e si suddivide, formando diverse altre cellule simili alla prima. Ora queste figliuole, sprigionandosi da l'involucro della madre, manifestano il loro primo sintomo di vita agitando certe loro piccole ciglia vibratili e movendosi rapidamente. Poi s'immobilizzano, come già la madre cellula, per rinnovare alla loro volta la figliuolanza. La loro vita non è durata che un attimo: ma è stata

vita!... Questo strano fatto — e cioè questa effimera manifestazione di vitalità — ha dato molto da pensare agli studiosi. Da che deriva?... In un primo tempo si pensò all'influenza della luce e della temperatura — uno dei vari *stimoli* che operano in natura e che dovremo studiare a suo luogo — ma gli studi minutissimi compiuti dal naturalista inglese Carpenter, celebre esploratore della vita nel mare, lo escludono. Così pure egli esclude che questo passaggio dallo stato di quiete al moto — e cioè alla vitalità — sia effetto del calore. E Carpenter, a corollario delle moltissime esperienze da lui compiute in proposito, conclude: « Quali siano le precise condizioni che determinano il passaggio dello stato di riposo di queste cellule viventi a quello di moto non si possono precisamente stabilire... *ed a me risultano ancòra inesplicabili* ».

Spermatozoi.

Ma il biologo ha scoperto un altro movimento ancòra più significativo quanto enigmatico. Ogni cellula vivente possiede nel suo interno un tipico movimento rotatorio (chiamato *ciclosi*) ch'è proprio del protoplasma (nome che indica nel loro complesso tutte le parti costitutive viventi del corpo della cellula). Questo caratteristico movimento, ch'è generale in tutte le cellule vegetali, fu studiato nelle piccolissime *Diatomece*, nella *Nitella flexilis*, si ritrova nelle cellule delle piante più elevate fanerogame ed anche nei *protozoi*, i piccoli esseri che occupano i primi scalini del regno animale. Anche di questo elementarissimo movimento protoplasmatico non si riuscì a spiegare chiaramente la origine.

Ora, raccogliendo queste varie manifestazioni motrici dei primissimi esseri organizzati, e cioè i movimenti locomotori dei *protisti*, che si possono ritenere spontanei (e così furono chiamati da certi naturalisti) perchè non è stato possibile scoprire da quali stimoli possono venir prodotti, quelli delle zoospore vegetali e infine questi

L'elettricità!... forse il vero motore della vita.

moti rotatori o *ciclosi* del protoplasma dei vegetali, noi siamo tratti a considerarli veramente come « la prima espressione della vita ». Il professor Sergi ci dice come a tutti questi movimenti, già chiamati spontanei, si possa dare il nome, come quello che più propriamente ne esprime il carattere e il concetto, di *movimento vitale*. Ed è in realtà il primo sintomo della vitalità organica, quindi *primordiale*.

Con altre parole possiamo dire che è con questo movimento che *incomincia la vita* negli esseri del nostro globo.

***

Naturalmente la scienza s'è preoccupata di ricercare la fonte nascosta di questi movimenti primi manifestatori della vita. Quale può essere la forza naturale — s'è chiesto — lo *stimolo* che dalla quiete, ch'è la morte, muove questi piccoli esseri alla vita?... Gli scienziati di un tempo parlarono di una *forza ignota*, del tutto estranea alla materia, che chiamarono « forza vitale ». E s'andò tanto oltre da attribuire a questa « forza ignota » non solo tutte le manifestazioni della vita, ma puranche la formazione della stessa materia vivente! Ma quelli venuti dopo titubarono, quando decisamente non lo negarono, di ammettere l'esistenza di questa peculiare *forza vitale* unica e universale, che dovrebbe essere l'essenza di ogni essere vivente, dal più piccolo infusorio alle piante, sino a noi.

Preferirono seguire un'altra ipotesi che però, alla conclusione, ci ricondusse in un certo qual modo quasi allo stesso concetto. La cellula — ci ha detto la biologia positiva dell'ottocento — o meglio la sostanza protoplasmatica che la costituisce, dovrebbe contenere accumulata *una quantità di energia latente*, che si manifesterebbe sotto la spinta di certi stimoli (luce, calorico e gli altri che vedremo più avanti) scaricandosi come potrebbe fare un accumulatore elettrico, e che si può esaurire con successive scariche fino all'esaurimento: ed è allora che nell'organismo sopravviene la morte. Seguendo questo concetto la « sostanza vivente » si può considerare tale — e cioè viva — finchè possiede accumulata questa sua *energia*, e muore quando l'ha perduta del tutto. Notiamo però che non sarebbe esatto dire che va perduta; giacchè seguendo il vecchio assioma scientifico che *nessuna*

energia va mai perduta è da credere ch'essa possa trasformarsi in altre manifestazioni: luce (fosforescenza) ed in elettricità.

Sarebbe questa la famosa *energia*, nella quale gli scienziati dell'ottocento videro lo « spirito » misterioso dell'universo. Tanto che

La pericolosa vitalità del mondo microscopico.
Bacillo del Carbonchio *(ingrandito 600 volte)*.

essa — datrice della vita dal più piccolo corpuscolo vibratile ai grandi movimenti degli astri — fu chiamata *cosmica*. Però noi oggi osserviamo che con questa ipotesi ritorniamo, come già osservammo alla grande *forza vitale* unica e universale dei predecessori! Il che ci porta a dire come sia una delle caratteristiche del pensiero umano di ritornare quasi sempre sopra sè stesso. Sono le parole che cambiano: ma il fondo del nostro spirito non muta soverchiamente... Specialmente di fronte alla nostra grande *inconoscenza* del mistero che ne circonda.

Al fisico, a questo punto, è venuto in aiuto il chimico per indagare l'enimma che nasconde tuttora la costituzione della materia vivente. Ma esso — possiamo dirlo con piena coscienza — non ha fatto che ribadire le tenebre sopra di essa. Ce lo dice uno de' più eminenti biologi d'oggi: il Werworn, l'autore di quella *ipotesi del biogeno* che forse si avvicina di più al grande mistero. Egli ci afferma testualmente che « la composizione chimica delle principali sostanze della materia vivente ci è quasi completamente ignota!... Ma quando anche riuscissimo a conoscere bene la chimica e la fisica di questi corpi importantissimi, non avremmo per questo fatto un gran passo avanti nella interpretazione dei veri *processi* vitali. Rimarrebbe sempre il vecchio problema: come queste sostanze *sieno divenute viventi* e come in esse *siasi manifestata la vita* ».

È qui tutto il grande mistero.

***

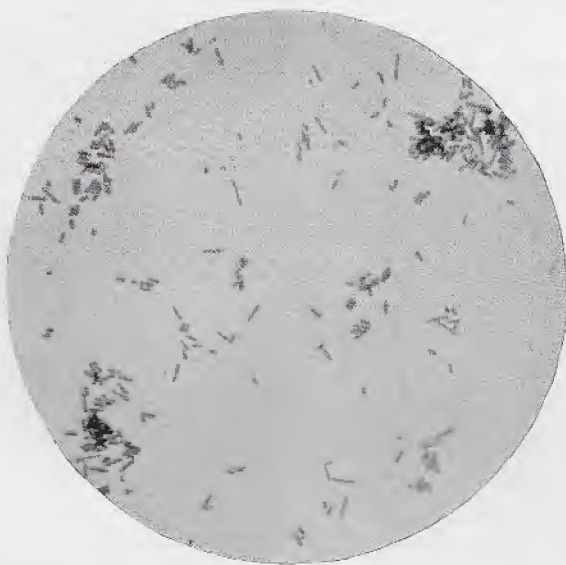
Per molto tempo ancòra — ci dice ancòra Werworn — se vorremo rappresentarci i principî generali dei fenomeni vitali, bisogna contentarci di farlo in maniera veramente ipotetica. I fenomeni vitali rimangono tuttora una somma di fatti oscuri, una raccolta di curiosità meravigliose con le quali non si sa troppo che cosa fare!...

E il grande biologo e chimico moderno ci confessa lealmente: « Non è possibile in base ai nuovi acquisti della chimica e della fisica dare al problema della vita una vera soluzione da un punto di vista strettamente scientifico ».

E si augura che questo còmpito venga assolto dal futuro.

Forse questo còmpito è riservato alla *citologia*. La quale con Weismann ci presenta una ipotesi audace. Egli avrebbe individuato la *sede fondamentale della vita* nel nucleo della cellula, e precisamente nella sostanza che lo compone, la così detta *cromatina nucleare*, la quale, sempre secondo il detto scienziato, verrebbe pure ad essere la « depositaria delle qualità ereditarie » dell'individuo cellula. Abbiamo chiamato audace questa ipotesi (alla quale molte e varie obbiezioni sono state opposte) perchè se fosse vera avrebbe fatto avanzare di un grande passo il problema millenario che affanna gli uo-

mini. Il giorno che l'uomo pervenisse a scoprire l'essenza vera che questa cromatina nasconde egli avrebbe rivelato il segreto della vita...

Certo è però che superato questo punto oscurissimo — l'origine del movimento vitale — tutto il resto la scienza ha ormai quasi intuito. Poichè una volta manifestatasi questa energia vitale con i movimenti che abbiam detto dei quali non si conosce la causa perchè

Bacillo del tifo.
(Ingrandito 1000 volte).

avvengono senza nessun apparente impulso esteriore ma che indicano — lo ripetiamo ancòra una volta — il primo entrare nella vita degli organismi elementari, tutti gli altri movimenti che vengono dopo — che furono chiamati *tropismi* — si producono per impulsi esterni di forze che agiscono in differenti modi su gli organismi viventi. Dovremo ritornare nel capitolo che segue, parlando delle forze, anche sopra queste loro azioni su gli esseri viventi.

Questi impulsi naturali ed esterni che agiscono su gli organismi possono dar luogo ad azioni diverse: meccaniche, luminose, elettriche, quelle speciali prodotte dalla gravità — la forza principe del

nostro mondo e che studieremo — quelle fisico-chimiche provenienti dall'atmosfera, dai varî gas, dall'acqua ed altre ancòra. Ma esse non avrebbero luogo su gli organismi stessi se questi non possedessero una proprietà base che ripetiamo con le parole del Sergi: *quella di poter ricevere l'azione e di modificarsi sotto di essa così da manifestare una forma di energia come reazione all'azione stessa.*

Poichè tutta la vita, dal primo movimento iniziale in poi, altro non è che una somma di *reazioni*.

Questa proprietà, comune a tutti gli organismi è la *eccitabilità*, che da un semplice valore meccanico negli esseri elementari si sviluppa gradatamente su su per la scala dei viventi, diventa *sensibilità* definita negli organismi superiori con i fasci nervosi e si trasforma in *pensiero* negli uomini.

Ma questa mirabile ascensione non potrebbe avvenire — diciamolo ancòra una volta come conclusione — se la materia organica non possedesse *ab initio* la proprietà di ricevere gl'impulsi esterni e di subire una irritazione che serve alla direzione delle manifestazioni di *energia vitale* negli esseri viventi.

La materia inorganica non si muove. Essa resta muta e sorda — ineccitabile — agl'impulsi di questi agenti esterni.

Ci piace la definizione che il Lodge ha voluto dare dell'essere vivente di fronte alla materia inorganica. La materia — egli ci dice — possiede energia, sì, ma solo sotto forma di *moto persistente* ed è spinta dalla forza, ma nè la materia nè l'energia posseggono il potere di *guida* e di *controllo*, il potere dirigente, che è solo degli esseri viventi.

***

Il biologo d'oggi ci dice: gli esseri viventi possono venir divisi in due grandi gruppi, quelli che catturano e immagazzinano l'energia originaria (quella solare) e sono le piante; quelli che liberano e attualizzano, trasformandola, l'energia raccolta e potenzializzata dalle prime, e sono gli animali.

Le piante — e dovremo ripeterlo altrove — sono i « formatori » della sostanza organica. Esse traggono dal terreno con le radici i sali

inorganici, dall'aria mediante i speciali organi adatti (stomi) i gas, per trasformarli nella loro vivente sostanza organica, e catturano l'energia solare, sotto forma di luce, mediante l'azione della clorofilla che si trova nelle foglie e nelle parti verdi del loro corpo.

Brucando l'erba, o nutrendosi in altro modo di parti vegetali (frutti, radici) gli animali s'impadroniscono di queste sostanze di-

Bacillo della tubercolosi.

venute organiche e trasformano l'energia in esse contenuta in energia calorica e meccanica, e cioè di moto.

Secondo il dott. Wilhelm Ostwald, professore di chimica nell'Università di Lipsia, l'« essere vivente » sarebbe dunque un *sistema* che continuamente riceve l'energia dal mondo esterno e continuamente ne emette.

I processi che conducono alla liberazione dell'energia assorbita sono fondati sopra reazioni chimiche che trasformano l'*energia potenziale* — e cioè immagazzinata ma inerte, nello stato, diciamo pure, d'attesa — in *forza viva*. E questo insieme di fatti e di processi è quanto noi oggi chiamiamo l'*energesi* della vita.

Ma la cellula vivente possiede in *sè stessa* una fonte di energia, perchè fabbrica *essa stessa* composti organici (basati sopra reazioni chimiche interne e sue proprie) i quali, formandosi, liberano energia diventando *energia attiva* a pro' dell'essere vivente. Difatti nella cellula viva ha luogo una continua scomposizione e ricostituzione di molecole (che è il *ricambio materiale*), movimento accompagnato sempre da continuo cambiamento nello stato di energia. Quindi, nell'essere vivente, il « ricambio » è sempre duplice: *ricambio di materiali e ricambio di energia.*

Microorganismi nell'interno di un dente cariato.

È perciò un'incessante ed attiva « circolazione di energia » che avviene nella cellula viva, e per conseguenza in tutto l'essere vivente. Sappiamo che mediante la respirazione l'energia chimica dei materiali acquisiti viene trasformata in energia termica, ossia in calore. Ma è chiaro che il protoplasto della cellula viva ha *la facoltà* di trasformare l'energia accumulata (allo stato potenziale) in energia di lavoro, ossia vitale.

Ora è appunto questa energia che ha sede nella cellula stessa, che in essa si forma e che è quella *veramente utilizzata* dall'organismo vivente, che ci lascia perplessi...

Sappiamo solo ch'essa si trova in ogni cellula sotto forma di composti organici, principalmente di carboidrati, di grassi e delle altre sostanze chiamate *proteiche*.

***

Abbiamo sino a questo punto spaziato attraverso il fondamentale meccanismo col quale la vita s'inizia.

Ora lo scienziato in ogni tempo s'è pure chiesto: ma quando è cominciata la prima cellula animale sulla terra? È essa apparsa in un solo punto di essa, dando in tal modo origine, come primo germe vitale, a tutta la materia vivente? Oppure, essendosi diffuse le condizioni favorevoli alla vita sopra tutto il globo, si sono accesi diversi focolari della stessa, sia contemporaneamente che successivamente, in punti vicini o lontani fra di loro?...

Sono domande però che finora non hanno avuta nessuna risposta. Ma non son mancate davvero le ipotesi e le teorie che ad esse hanno tentato dare questa risposta. Una scorsa, anche rapida, fra di esse è cosa assai interessante. Occorre però, per poter poi giungere alle più recenti, risalire a quelle più da noi lontane e ormai in gran parte superate.

Così l'ipotesi ingegnosa — e anche poetica — lanciata dal Richter di Dresda nel 1865 dei *cosmozoari*, la quale, se pure in un primo tempo incontrò favore tanto da prendere forma realmente scientifica, in fondo ci lasciò al punto di prima. Il professor Richter, prendendo lo spunto da un aerolita caduto nella Svezia e che si trovò contenere dell'*humus* (decomposizione di materie organiche) opinò che il germe della vita poteva venir seminato in tal modo da pianeta in pianeta. Chiamò *cosmozoari* piccolissimi organismi fluttuanti per lo spazio, attirati nella sfera d'attrazione della nostra terra e venienti in tal modo a portarvi la vita. Una sola cellula viva — egli disse — arrivata sul nostro mondo continuò incessantemente a riprodursi, ed evolvendosi dette nascita a tutto il regno vegetale ed animale. Questo, naturalmente, in un immenso svolgersi di anni.

L'ipotesi, ingegnosa abbiamo detto ed anche poetica, piacque. Milioni di frammenti di astri, si disse, cadono incessantemente sulla

terra: qualcuno di essi, coperto di germi e di semi, dopo essere stato trasportato nello spazio, può essere arrivato sino a noi recandoci l'eredità vitale di un morto pianeta lontanissimo andato in frantumi. Ma — si obbiettò subito — queste meteoriti, entrando nella zona della nostra atmosfera, s'infiammano! Ed ecco il celebre Helmholtz a dimostrare che soltanto gli strati superficiali di questi

Colture di microbi.

messaggeri celesti si infiammano al contatto della nostra atmosfera, e che i germi, nascosti nelle fessure della pietra possono benissimo sfuggire alla combustione. Ma la pietra si arroventa e il seme deve pure risentirne l'effetto! Ed ecco Payen a far sapere come le spore di certi funghi, quale l'*Oidium aurantiacum*, possono conservare le facoltà germinative anche dopo essere stati sottoposti all'altissima temperatura di *centoventi* gradi... Allora si obbiettarono i formidabili

freddi degli spazî interplanetari, il famoso *zero assoluto* del vuoto; ma Preyer presentò il caso di certi organismi che chiamò *anabiotici*, cioè tali che possono per anni conservare le loro attitudini a vivere allo stato latente per manifestarlo quando si trovano in condizioni da permetterlo. E disse che i primi germi trasportati sulla nostra terra dai mondi lontani poterono benissimo essere stati *anabiotici*... Come si vede nessuna difesa mancò alla ipotesi del prof. Richter.

Ma abbiamo detto ch'essa ci lascia allo stato di prima. Ammettendo pure che la vita sia discesa sulla *nostra terra* da un altro pianeta, a questo da dove è pervenuta? Seguendo il prof. Richter parrebbe da un altro pianeta a sua volta. Ed a questo?... Come si vede questo passaggio della vita da un mondo all'altro diventa una catena che non finisce più. Eppure in qualche punto dell'universo questa vita che si diffonde negli spazî deve pur essere incominciata!...

Dobbiamo però dire che la teoria del Richter — che nel 1821 aveva avuto un precursore meno noto nel conte Sales Guyon de Montlivault — ha conservato anche ai nostri giorni qualche seguace. Il più noto di tutti fu l'Arrhenius (morto nell'ottobre del 1927) il quale la chiamò *panspermia* e la legò ad una specie di sua teoria solare: la luce, con la sua potenza propulsiva, scaglierebbe sulla terra (e quindi sugli altri pianeti) corpuscoli e germi minutissimi dagli spazî celesti. Quanto alle meteoriti anche il prof. Pasteur volle sincerarsi se contenessero germi e ne esaminò, nel loro interno, parecchie senza trovarvi mai tracce di sostanze organiche.

E allora si ritornò alla teoria della famosa *generazione spontanea*, ereditata dagli antichi, e rimodernata con tutte le conquiste più complete della chimica organica, dopo la grande ipotesi dell'Haeckel che fra poco diremo, e riportata agli onori della modernità con vera fede dal Pouchet. Questa teoria, che fu chiamata *eterogenesi*, fe' scorrere molto inchiostro nell'ultimo periodo del secolo decimonono e ne' primi anni del nostro, ed ancòra oggi ha dei fautori che la difendono.

Francesco Archimede Pouchet (1800-1872), membro dell'Istituto di Francia, direttore del Museo di Storia Naturale di Rouen, nonchè professore alla Scuola superiore di Scienze di Parigi, ha legato il suo nome alle fiere controversie che ai suoi giorni la ripresa della « generazione spontanea » suscitò fra gli scienziati. E come

ebbe fautori ardenti ebbe oppositori non meno convinti: primi fra i quali ricordiamo il nostro Paolo Lioy che confutò le argomentazioni di questi « eterogenisti » con la stessa fede e vigorìa con la quale duecento anni prima il Redi, il Malpighi, il Vallisnieri e il Réamur avevano combattuti quelli del loro tempo. (Bisogna però dire che all'epoca del Redi i signori fautori della generazione spontanea erano, in verità, un po'... esagerati, per dir poco. Basta leggere quella lettera che il 26 agosto 1673 il Redi scrisse al Magalotti dove dice delle ranocchiette che si vedono in estate, dopo gli acquazzoni, saltellar per le vie polverose di campagna, e che certi imparruccati suoi colleghi « a dispetto dell'universo stanno ostinati a voler credere che sieno ingenerate dalle gocciole dell'acqua piovana! »...).

Il Pouchet presentò la sua eterogenesi (verso il 1860) accompagnata da esperienze accurate e diligenti che sulle prime, come si suol dire, fecero colpo. La sua scoperta consisteva in questo: lavando un vaso di vetro con acido solforico e riempiendolo poi di acqua distillata e — si noti bene — bollente, se vi s'introducono delle sostanze diverse, riscaldate prima alla loro volta sino a 150° per sterilizzarle (filamenti di lino, fieno, od altro) e ricoprendo accuratamente il vaso con una campana di vetro, dopo qualche tempo si vede l'infusione popolarsi di infusori. Occorre ripetere e tener bene presente che somma cura del Pouchet fu sempre d'allontanar dalle materie sottoposte all'esperienza ogni condizione favorevole alla preesistenza di germi, i quali possono essere contenuti nell'aria, nell'acqua, nei vasi stessi, nelle materie formanti la soluzione.

Gli esperimenti del Pouchet, seguiti con ardore da altri seguaci suoi, rivelarono fatti curiosi, dai quali poi il Pouchet stesso dedusse tutta una teoria. La produzione di questi protorganismi nelle infusioni sembra seguire un certo ordine evolutivo. Anzitutto — ci dice il Pouchet — appare una quantità di piccoli esseri, di *monadi*, che muoiono subito. Le loro spoglie si disciolgono nel liquido e risalendo alla superficie vengono a formare una specie di membrana, che il Pouchet chiamò *membrana proligera*, nella quale si generano ovuli d'infusori d'ordine superiore, come microzoi a ciglia vibratili. Ma c'è di più. In certi punti la membrana si conglomera, quasi a formare delle piccole « nebulose » sferoidali. Poi ciascuna di queste nebulose si restringe, viene circondata da una membranella lucida,

e diventa una vera cellula. Un vero piccolo ovo dal quale dopo qualche tempo — cinque giorni circa — esce un protozoo.

Insomma, concluse il Pouchet, l'apparizione di questi infusori — i piccoli primissimi esseri viventi — viene preceduta dalla for-

Microbi selezionati.

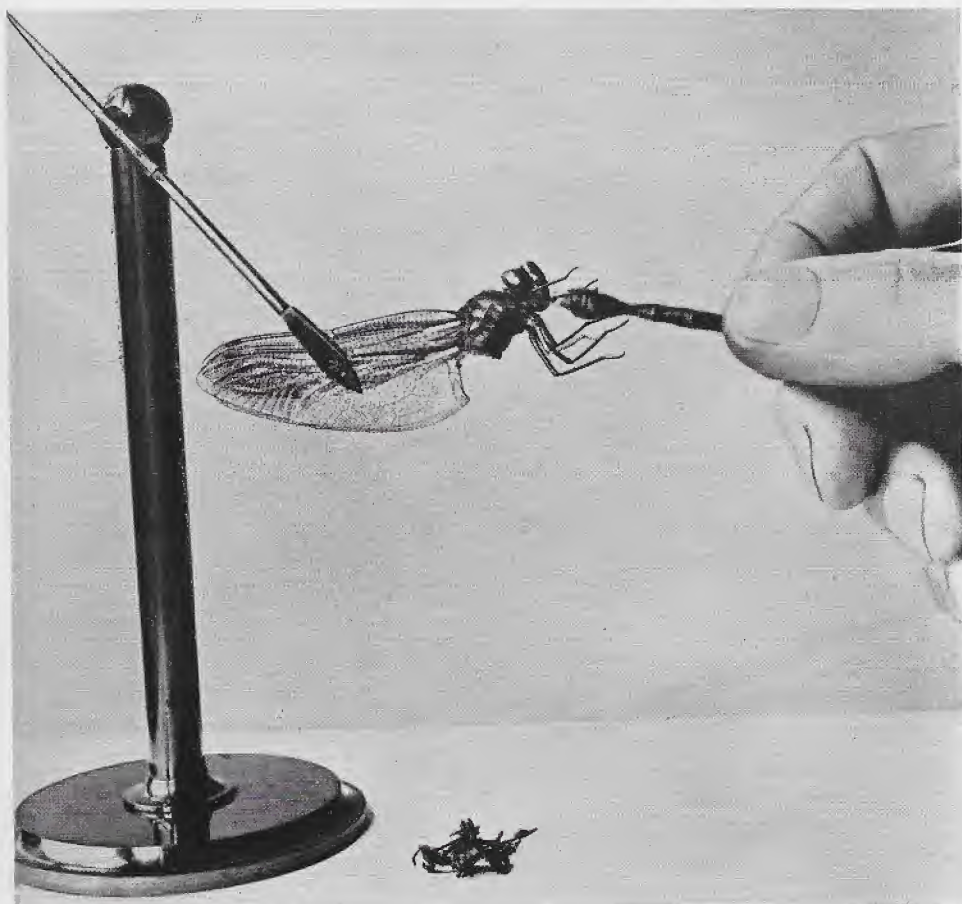
mazione d'una specie di *sostanza vivente* dalla quale si formano gli ovuli che dànno poi vita al piccolo essere organizzato. La cosa è senza dubbio sorprendente, perchè completerebbe l'ipotesi della vita presentataci dell'Haeckel.

Com'è noto Ernesto Haeckel fa derivare tutta la vita esistente sulla terra dal *protoplasma*, la prima sostanza organica, formatasi nel fondo del mare. Secondo il celebre professore di Jena la vita cominciò il giorno in cui la terra raffreddandosi lasciò che l'acqua, rimasta sino allora allo stato di vapore, cadesse sulla sua superficie e formasse il primo oceano. E questo perchè tanto le piante che gli animali sono composti, in massima parte, di acqua combinata con altri elementi.

Ora nella profondità dell'oceano primordiale — per un *processo chimico che c'è ignoto* — si formò questa prima sostanza protoplasmatica, sotto la forma di un semplice ammasso di sostanze albuminoidi e che rappresenterebbe il primissimo stato della materia vivente. Haeckel e l'Huxley pescarono dalle grandi profondità marine degli esseri organici rassomiglianti a questa primitiva sostanza protoplasmatica e li chiamarono *monere*. Si tratta di piccole masse gelatinose, grosse non più della testa di uno spillo, ma che si possono pure trovare in una sorta d'intonaco vischioso ricoprente le pietre dei fondi marini. Analizzate risultano composte unicamente di albumina: non hanno involucro nè presentano traccia alcuna di organizzazione interna.

Secondo Haeckel questa *monera* rappresenta la vita allo stato nascente. Come si sarebbe prodotta? A questo punto Haeckel non ha saputo darsi una precisa risposta. Forse — egli ha detto — può essersi prodotta *spontaneamente*, dal mondo inorganico, per quel processo chimico o altro che non sappiamo e che abbiamo accennato più sopra.

È questo il problema oscuro delle origini che il Pouchet con i suoi seguaci hanno creduto di risolvere con la loro teoria rinnovata della eterogenesi. Ritornando ancòra per un momento a Haeckel, egli ci disse: sotto l'influenza dei varî fattori naturali agenti nell'acqua marina, fra i quali forse il più importante fu il calore, questi primi nati protoplasmatici si differenziarono, e cioè formarono nuclei che staccatisi dalle masse originarono i primi esseri viventi unicellulari, progenitori di tutti gli animali e le piante, ma non ancòra, essi stessi, nè piante nè animali. E sarebbero i *protisti*, dei quali abbiamo discorso al cominciare di questo nostro

capitolo. Haeckel chiamò *ameba* questa prima cellula provvista di nucleo, che sarebbe il primo elemento, il capostipite, dell'albero ge-

Gli enimmi della vita dei piccoli.
La parte posteriore di questa libellula è stata troncata, ma l'animale continua a vivere.

nealogico di tutti gli esseri ora viventi sulla terra, il cui massimo ramo è rappresentato da noi uomini.

Come s'è veduto la *membrana proligera* del Pouchet altro non

sarebbe che il « protoplasma » originario di Haeckel! Il fenomeno *ignoto* che dall'acqua sterilizzata e riparata da ogni contatto dell'aria sàtura di germi, nelle bacinelle del Pouchet faceva nascere il piccolo cigliato, avveniva per la *prima volta* nelle grandi profondità del mare a l'alba del nostro mondo, quando le condizioni del calore permisero l'apparire del primissimo microscopico essere vitale...

Ma abbiamo detto che se la « scoperta » del Pouchet, che riportava in certo qual modo in onore l'antica eterogenia rozza e grossolana dei tempi di Francesco Redi, apparve tanto affascinante sulle prime sì da conquistarsi un grande numero di menti elette di scienziati, ebbe parimente degli increduli e dei vivaci oppositori.

Tra gli *eterogenisti* moderni ricordiamo il nostro Mantegazza, il Pennetier, il Bastian, Cantoni, Castoldi e altri ancòra. Nella schiera contraria, oltre Paolo Lioy già ricordato, si schierarono Pasteur, Payen, Quatrefage, Milne Edwards, Rémusat, Claudio Bernard e tanti altri.

Bisogna però rivendicare al nostro Lioy la critica più profonda ed efficace contro questa teoria della « generazione spontanea » od *eterogenia;* e noi cercheremo di sintetizzare il più chiaramente possibile le sue alte obbiezioni.

Gli esperimenti del dott. Pouchet — egli ci dice — non possono meritare un rimprovero in quanto concerne l'accuratezza, la sagacia, l'esattezza (e si può anche aggiungere la « buona fede »). Ma è *la filosofia dell'esperimento* che ripugna e che porta Lioy a combatterla. Anche per i nuovi si ripete l'errore degli antichi eterogenisti: quello cioè di confondere la *questione d'origine* con lo *sviluppo*. Merita a questo punto riferire le precise parole dello scienziato italiano: « Era permesso parlare di generazione spontanea a Gruithuisen, a Wrisberg, a Bloch, a Goeze, che facevano alla rinfusa le loro prove e senza tante meticolosità. Ma un naturalista qual'è il dott. Pouchet, che spinge a estrema scrupolosità i suoi tentativi, che adopera sostanze torrefatte, aria e acqua risultanti dalla combinazione chimica dei loro elementi (*e cioè non acqua e aria comune, ma acqua e aria riprodotte chimicamente*) s'inganna quando ci parla ancòra di generazione spontanea. Egli dovrebbe parlare di *creazione*, e sarebbe un nuovo Paracelso nell'atto di creare gli *homunculi* ».

Il Pouchet aveva fabbricato un suo speciale strumento che

chiamò *aeroscopio* — per esaminare microscopicamente un decimetro cubo d'aria, facendola passare inoltre attraverso ad un orifizio d'un *quarto di millimetro* — e dichiarò di non avervi che eccezionalmente ritrovato un ovo di microzoo o una spora vegetale. Ma — si domanda Lioy — se, dati i nostri mezzi sempre limitati, sia pure se portati alla raffinatezza dell'istrumento del Pouchet nell'indagare l'aria, non vi troviamo spore o germi a noi percettibili, vi ritroviamo però quasi sempre frammenti, avanzi, scheletri di Microzoari, molti dei quali sfuggiranno anche sempre alle lenti più potenti. Ebbene! Chi ci dice essere impossibile che questi stessi avanzi sieno mezzi di riproduzione? La scissiparità di tanti infusori e crittogame, come dei funghi Artrospori, e altri fenomeni misteriosi dei microzori, ci portano ragionevolmente a credere ch'esistano modi per riprodursi a noi tanto ignoti quanto assolutamente invisibili ai nostri occhi per quanto armati delle più forti lenti del microscopio.

E Paolo Lioy concludeva giustamente: « Se in nome del progresso scientifico deve ripudiarsi la teoria della generazione spontanea di *veri individui appartenenti a specie organiche sia nuove che già conosciute*, gli eterogenisti con i loro esperimenti non mancano però di offrire alla fisiologia altrettanti problemi che forse un giorno essa è chiamata a sciogliere, ma che ora le sono oscurissimi ed ai quali non può avvicinarsi che con grande riserbo. Non potrebbero essi recare una luce sugli ultimi confini dell'*organicità*, che sono come il polo arcano e inesplorato della fisiologia?... » [1].

Paolo Lioy scriveva queste sagge parole nel 1861. D'allora quante altre e nuove indagini, seguìte da relative nuove ipotesi, si sono susseguite per ispiegare l'intima organicità della materia! Venne il Berthelot con la sua *sintesi organica* (dopo Melsen, Liebig e altri illustri) che cercò di *creare* dei gruppi organici senza intervento di forze vitali: ma furono gruppi transitori, e la facoltà di poter realizzare una sintesi delle *sostanze albuminoidi* (le vere della vita) non c'è rimasta che come una « probabilità ».

Poi tutti gli sguardi della chimica si conversero sopra quel fondamentale problema della vita che è il *ricambio materiale*. Finchè un organismo vive, la sua sostanza si scompone senza posa e conti-

---

[1] Vedi Nota bibliografica in fondo al libro.

nuamente si rinnova mediante il nutrimento introdotto. È la *dissimilazione* e l'*assimilazione*. Ora è osservando il fenomeno della respirazione (e cioè dell'assorbimento dell'ossigeno e della ossidazione del carbonio contenuto nell'alimento in acido carbonico) comune a tutti gli organismi che si è scoperto come il « ricambio materiale » abbia per base un principio unico in tutto il mondo vivente. La ricerca di questo « principio » costituisce oggi il problema fondamentale della fisiologia.

E si è andato a studiare la produzione dell'acido carbonico nei *fermenti*, che sono combinazioni chimiche che si producono nella materia vivente. Ma la nostra conoscenza dei fermenti e delle loro azioni è tuttora avvolta in molte tenebre... Così è degli *enzimi*, che sono composti azotati assai complessi, affini agli albuminoidi. Ma sinora nessuno di questi enzimi è stato sicuramente isolato e — ci dice il dott. Verworn — di nessuno di essi, neppure di quelli più di tutti studiati, cioè che si trovano nei succhi digerenti, si conosce la vera composizione chimica: quindi la natura chimica degli enzimi è tuttora pressocchè ignorata.

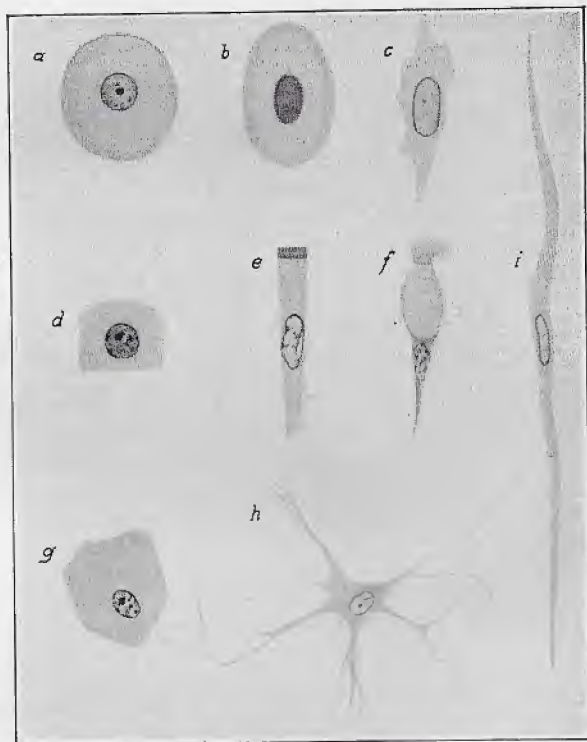
Si crede solamente che come centro del « ricambio materiale » sia un *composto molto complesso e labile* che col suo costituirsi e con lo scomporsi mantiene tutto il processo del ricambio. Ma che cosa sia in realtà questo composto si sa ben poco. Fu chiamato « albumina vivente » nome che il Verworn sostituisce, come più proprio, con quello di *biogeno*.

Ma non sono che ipotesi.

E a questo punto noi dobbiamo riportarci a quanto già dicemmo, parlando dei primi movimenti segnalatori della vita nelle cellule, e ripetere le ammonitrici parole del Verworn, il più grande biologo moderno, già da noi citate: « Non c'è possibile sinora dare al problema della vita una vera soluzione dal punto di vista strettamente scientifico »!

In realtà dunque, dopo tanti studi, ricerche e ipotesi, noi siamo più all'oscuro che mai sopra il mistero della sostanza vivente e quindi sopra il fenomeno della vita. La famosa sintesi del *protoplasma vivente* non ha ancòra risposto a nessuna domanda dello scienziato moderno. E nessun chimico ha fino ad oggi trovata la formola della combinazione delle parti di carbonio, d'idrogeno, d'ossigeno e d'azoto occorrenti per darci la *materia vivente!*

*
* *

Ma tutta una visione nuova della vita e della sua origine ci sta presentando oggi la nuova concezione che dei fenomeni dell'universo ci dà la più moderna delle teorie: quella dell'elettricità.

LE CELLULE VITALI.

a, Cellula uovo dell'uomo — *b*, Globulo di rana — *c*, Cellula di tessuto connettivo di ratto — *d*. Cellula epiteliale del tubo collettore di rene d'uomo — *e*, Cellula cilindrica dell'intestino d'uomo — *f*, Cellula caliciforme (cellula mucosa) dell'intestino d'uomo — *g*, Cellula epatica d'uomo — *h*, Cellula nervosa del midollo spinale di vitello — *i*, Cellula muscolare liscia di rana. *(Szymonowicz)*.

(Pugliese).

Prima però di passare al nuovo quadro ch'essa ci presenta ritorniamo ancòra un momento, e per l'ultima volta, alla scienza classica

per ricordare un'altra curiosa spiegazione ch'essa tentò dare ai tanti quesiti che ci siamo proposti.

Un concetto affacciato da Democrito ed Eraclito e ripreso poi da Buffon e Needham ci presenterebbe la generazione degli esseri come opera di molteplici « spostamenti » della materia vivente.

Ed ecco in qual modo l'idea fu presentata e concretata da Oken. Questo famoso naturalista della Università di Zurigo (1779-1851) considerò gl'infusori, che sono diffusi in modo enorme sul nostro pianeta, come *elementi* di cotesta materia vivente! A suo dire la produzione degli infusori è « la risoluzione di un animale nelle sue parti costituenti ». La generazione di un animale consisterebbe in una riunione d'infusori. Noi stessi non saremmo che colonie di questi piccolissimi esseri!

L'idea fu continuata dal Walther e dal Müller. Secondo il primo gli infusori sono i primi elementi della sostanza organica, le monadi, i germi semplici della vita!... Ottone Federico Müller dice che gli animali e i vegetali si decompongono in particelle organiche dotate di un certo grado di vitalità, e costituenti « animaletti semplicissimi » i quali si riprodurrebbero con la germiparità, e concorrerebbero alla formazione di nuovi animali, per ritornare poi liberi e ricominciare indefinitamente lo stesso ciclo di trasmigrazioni!...

Una singolare visione dell'origine degli esseri animali ci presentò pure Edoardo Hartmann, il filosofo tedesco dell'*Unbewusst*, cioè di « quel che non sappiamo ». Egli ci mostra il lontanissimo mondo, quando ancòra nessun organismo esisteva. Ma vi si dovevano pure essere formate, egli ci dice, delle combinazioni organiche di un grado inferiore, dovute all'influenza di quella primordiale atmosfera, nella quale l'acido carbonico dominava. Sotto le variazioni climateriche queste primitive combinazioni organiche mutarono continuamente in varî modi. Alcune di esse ritornarono alla pura forma inorganica, perchè non poterono acquistare le combinazioni chimiche e le proprietà fisiche necessarie per mantenersi organiche, altre s'avvicinarono, in forma transitoria, alla forma organica, ma non giunsero a possedere tutte le proprietà fisico-chimiche per poterla conservare; una terza parte, minima questa, arrivò appena a conservarla, ma per pochissimo tempo, poichè le mancarono quelle proprietà che servirono poi alle specie a mantenersi con la riproduzione e la divisione.

Una quarta parte ancòra giunse a possedere quelle proprietà che sono necessarie alla conservazione dell'individuo e del genere, ma le venne meno la tendenza a modificarsi, che è quella che sola conduce alle forme superiori. Ma ve ne fu un'ultima la quale arrivò finalmente a possedere questa proprietà in unione con tutte le altre che mancarono alle prime quattro. La terra e i mari oggi — ci dice Hartmann — sono popolati dagli esseri discendenti dalla quarta e ultima classe. La quarta (quella incapace ad evolversi) ci ha dato i *protisti*, la quinta l'albero delle creature viventi, vegetali e animali. La prima classe, egli ci osserva ancòra, può venire considerata come « un primo tentativo abortito dello sviluppo della vita ».

Fu rimproverato a questa ipotesi d'essere troppo esclusiva e « geocentrica ». Giacchè il filosofo tedesco non considera la vita che come propria solo al nostro globo. Ma prima che questo fosse in grado di accoglierla non è possibile che la vita già sussistesse nell'universo?...

Augusto Weismann, professore di zoologia all'Università di Friburgo, prospettò anche una sua teoria, quella dei *bioforidi*, che sarebbero piccolissime unità viventi le quali formerebbero il primo passaggio della materia inorganica alla organica. Secondo il naturalista tedesco esse sarebbero infinitamente piccole, tanto da sfuggire persino al microscopio, perpetuando il loro ignoto ai nostri sguardi. Questo ci riporta, in fondo, a chi vorrebbe che la cellula vitale, altro non sia, come l'atomo, che un insieme di *elettroni*, il piccolissimo primo elemento dell'elettricità, del quale dovremo parlare a lungo.

Un'altra interpretazione dei fenomeni vitali ha presentato ultimamente il dott. Felice Regnault alla *Societé de Biologie* di Parigi. Egli ammette una forza peculiare che chiama *energide*. Ogni essere vivo — ci dice Regnault — deve essere considerato come costituito da due sostanze: quella vivente e quella semplicemente organizzata ma che non presenta i caratteri della vita. La sostanza viva sarebbe l'*energide*. Essa comprenderebbe il nucleo di tutte le cellule, il protoplasma e qualche elemento intercellulare. Sarebbero i « fabbricatori di materiale organico ». Altri tessuti invece risulterebbero formati da materiale organico elaborato dagli *energidi*. Spesso però la differenza fra « l'energide » e la sostanza « puramente organica » appare assai difficile... La distinzione tipica sarebbe basata su questo: che mentre

i prodotti solamente organici obbediscono alle leggi chimiche, gli « energidi » *producono una energia speciale alla vita*, il cui intimo significato però — è costretto a concludere anche il Regnault — ci sfugge!...

***

Ed ecco dunque come vorrebbe interpretare l'origine della vita la novissima teoria elettronica.

La *Elettrofisiologia* è la scienza nuova che si propone d'interpretare elettricamente tutti i fenomeni della vita.

Il « fenomeno vita » — essa ci dice — altro non è che un « fenomeno di elettricità ». È questo il suo postulato fondamentale. Seguiamo le altre sue premesse e conseguenze. (Dovremo ritornare sull'argomento nel nostro capitolo IV). Ogni essere vivente è un trasformatore di energia — e questa energia è la elettricità. *Vita* e *elettricità* sono perciò indissolubilmente associate. Il corpo vivente è come una batteria, formato da una serie di resistenze e di condensatori. Ogni cellula è un'unità elettrica. Tutte le trasformazioni chimiche che avvengono nella cellula sono dovute all'energia elettrica. È la potenzialità elettrica delle cellule che regola ogni loro processo vitale e fisiologico.

Sulla cellula primitiva — quella dalla quale comincia la vita di ogni individuo — ci dice il dott. Crile (dell'Università di Cleveland): « Essa, come ciascuna delle cellule che costituiscono l'organismo in ciascun periodo del suo sviluppo, è una entità bi-polare. Il *citoplasma* è alcalino in reazione. Il suo *nucleo* è acido. Sono separati da una membrana semi-permeabile. Questo costituisce una *pila* o batteria elettrica »!

Ed eccoci ai primi postulati fondamentali sulla origine della vita secondo le teorie elettroniche.

L'origine della vita — ci afferma la *elettrofisiologia* — è connessa con l'energia emanata dal sole, la quale « immagazzinata » nei composti organici e mantenuta nei corpi per mezzo dei processi di ossidazione, *è la causa prima della creazione della vita*. Il mantenimento della vita è nell'equilibrio delle energie elettriche che si sviluppano in seno ai liquidi cellulari e intercellulari. La differenza

fra la materia vivente e la non vivente è *una differenza* nel contenuto di energia delle molecole e degli atomi. Quindi, in fondo, la differenza fra la vita e la morte è solamente questione di moto.

« Tutte le nostre manifestazioni vitali non sono che luce solare modificata ». *(Bunge)*.

In questo senso la *morte* non esiste. Quella che noi chiamiamo con questo nome non è che una forma di moto differente. E poichè non possiamo concepire l'assenza di moto e l'immobilità assoluta nell'universo, allora *non esiste che la vita*. La morte in natura è *un assurdo*.

***

Noi abbiamo sin qui sintetizzato i concetti modernissimi degli elettronici più convinti: il Matthews, il Crile, l'Abrams e gli altri della stessa scuola, la quale ha grandi proseliti specialmente in America ([1]).

Ora presenteremo le singolari teorie — basate sempre sopra questi princìpî — di Georges Lakhowsky, la cui opera su l'*Origine della vita*, che porta come sottotitolo *La radiazione e gli esseri viventi* (Parigi, Gautier-Villars e C., 1925), ha ottenuto, specialmente in Francia, molto successo di curiosità ed è variamente commentata e discussa.

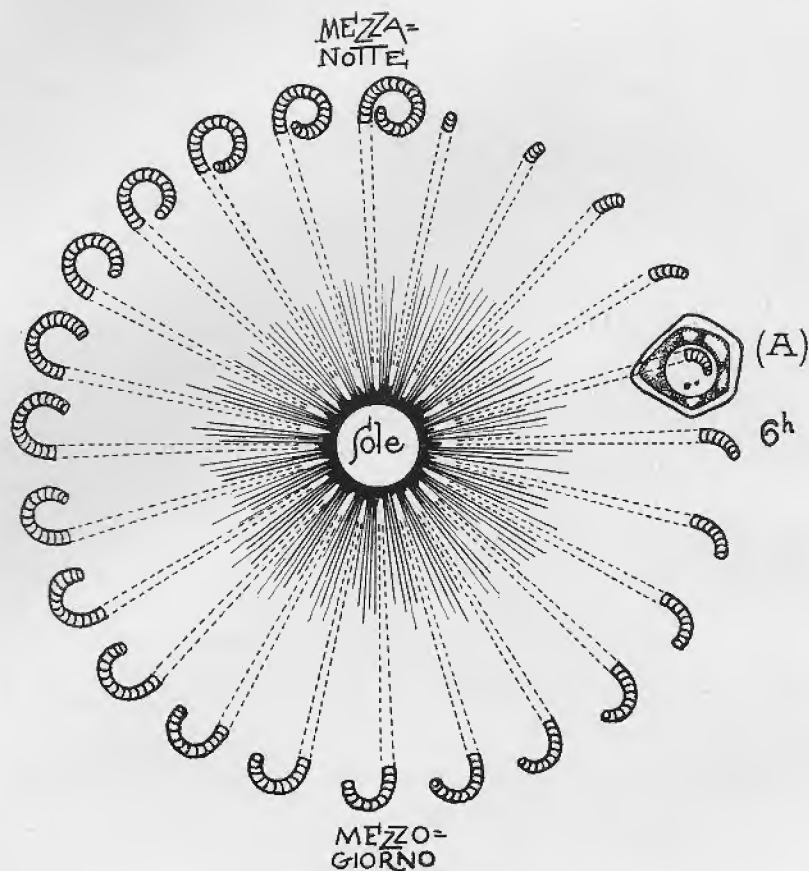
Premesso che « la cellula, organismo essenziale di ogni essere vivente, non è altro che un risonatore elettromagnetico, suscettibile di emettere e di assorbire delle irradiazioni ad altissime frequenze » Lakhowsky ci dice che è nei *nuclei* della cellula che dobbiamo andar a ricercare l'origine della vita.

I nuclei — spiega — sono dei veri circuiti elettrici, dotati di induttanza e di capacità, e perciò suscettibili di oscillazioni.

Le onde ch'emanano le cellule sarebbero di altissima frequenza, e di origine elettro-magnetica. I filamenti del nucleo costituiscono dei veri circuiti elettrici, variabili secondo la loro forma e lunghezza. Le radiazioni invisibili, provenienti dalle cellule, sarebbero su di una gamma vicina a quella della luce e propriamente nella zona dei raggi infrarossi. Le radiazioni cosmiche, come l'ebbero in origine, hanno tuttora peculiare influenza sugli elementi cellulari.

Ed ora lasciamo parlare lo stesso Lakhowsky. Ecco com'egli ci spiega la *generazione della vita:* « Le cause, che producono le radiazioni presenti, esistevano già all'origine della terra. Essa, come oggi, era caricata negativamente. Sotto l'azione di queste radiazioni elettromagnetiche d'origine cosmica, certe molecole di corpi composti e certi atomi di corpi semplici, contenuti nei globuli di vapore acqueo, si sono trovati orientati sulla linea di forza del campo elettrico.

([1]) Vedi N. BRUNORI: *La medicina e la teoria elettronica della materia.* (Istituto Editoriale Scientifico di Milano, 1927).

proveniente da un astro qualsiasi caricato positivamente e terminanti sulla terra elettrizzata negativamente. Poi queste molecole di sostanze conduttrici, contenenti il ferro, il iodio, il potassio, il cloro,

Formazione della prima cellula per opera del sole, secondo Lakhovsky.

e le loro diverse combinazioni chimiche, si sono automaticamente aggruppate sotto l'influenza dell'affinità chimica, o delle cause elettrostatiche. Esse hanno cominciato per formare sulla linea di forza un piccolo conglomerato di molecole elettrizzate, sul quale venivano ancòra ad attaccarsi nuove molecole. Ma queste congiunzioni si sono

operate seguendo una direzione ben determinata, quella della linea di forza elettromagnetica che, venendo dagli spazî celesti, finiva sulla terra elettrizzata negativamente. In questo insieme di molecole conduttrici orientate, esse erano così riunite fra di loro da formare un elemento cortissimo a forma incurvata. Attorno a questo ammasso è venuto a fissarsi, probabilmente a causa del peso, un certo numero di molecole di corpi isolanti, che formarono come una guaina intorno a questo conglomerato di molecole conduttrici (membrana dielettrica). In questo modo si formò il nucleo e i filamenti costituenti l'induttanza. Così costituita, questa massa molecolare veniva ad essere dotata anche di capacità. Per tali mezzi essa potè entrare subito in vibrazione sotto l'azione delle radiazioni esterne elettromagnetiche e dei raggi penetranti, fra i quali si trovava una frequenza eguale alla sua propria frequènza, e con la quale essa vibrava in risonanza. Questo globulo primitivo si completò poi per associazione di molecole, e si ebbe un vero protoplasma, micelle, vacuoli, ecc. Per il fatto che esso vibrava ed irradiava, veniva ad avere la proprietà di *vivere:* la cellula era nata »!

Quindi conclude: « Si comprende facilmente che, in seguito alla suddetta formazione, ogni cellula, avente nucleo e protoplasma, oscilla ad una frequenza ben determinata per mezzo delle dimensioni stesse del suo filamento, che stabiliscono la propria lunghezza d'onda. Così, in ragione della forma e delle dimensioni del filamento, ogni cellula, come ogni microbo, possiede una lunghezza d'onda propria, che caratterizza la sua specie. Ma tutte queste lunghezze d'onde cellulari, benchè differenti, sono dello stesso ordine di grandezza, e si avvicinano tra loro nella zona ristretta della scala intera delle vibrazioni.

« Conseguenza di ciò: se per mezzo di un processo qualsiasi si giunge a modificare la durata della formazione di una cellula, cioè a dire, a modificare la costituzione del suo filamento o della sua capacità conduttrice, sia per mezzo di elementi chimici, sia per mezzo di metodi elettromagnetici, si modifica nello stesso tempo la sua frequenza di vibrazione, e perciò la specie della cellula, come pure tutte le sue caratteristiche particolari. Ciò si produce nel cancro, nelle malattie della vecchiaia, ecc. In questo modo sarebbe realizzata la *trasmutazione delle cellule* ».

E Lakhowsky ci definisce la vita come « l'equilibrio dinamico delle cellule, l'armonia di queste multiple radiazioni, che reagiscono le une sulle altre ».

***

Il lettore che sino a questo punto ha con noi spaziato nel vario, e così faticoso anche, lavorìo delle menti umane per venire a capo del

L'energia emanata dal sole, fonte della vita sulla terra.

tanto suggestivo ma sinora, a malgrado dell'incalzarsi delle ipotesi ed induzioni, impenetrabile mistero delle nostre origini vitali, si chiederà: vi perverrà mai l'uomo?...

Risposta assai difficile a darsi, in verità!

E fors'ancòra egli penserà: e il giorno in cui il grande problema fosse per lui risolto, sarebbe l'uomo più forte e migliore di quel che oggi non è?...

A questo noi dobbiamo rispondere con un nostro pensiero. La Bibbia, col suo simbolico linguaggio, ci ha detto: « Dio im-

pastò l'uomo con la creta della terra e poi vi soffiò entro il suo spirito divino ».

Noi siamo figli della terra. Questo solo sappiamo: e, con noi, questo solo la Scienza sa dirci con sicurezza.

Ma ogni qualvolta siamo scesi ad investigare la cellula, prima origine della nostra esistenza — noi non siamo che una colonia di cellule — giunti ad un certo punto, quello in cui essa, inerte sino allora, si muove e diventa vita, siamo stati costretti a fermarci.

Noi abbiamo conosciuto tutti i meccanismi terrestri della cellula, abbiamo saputo ch'essa si compone per poi scomporsi, e cioè che nasce e muore. E che tutte quelle che formano la nostra compagine umana compiono incessantemente questo duplice lavorìo di formazione e di distruzione. Quando il lavorìo è del tutto compiuto il nostro corpo rientra nella grande massa delle sostanze che noi chiamiamo morte. Ma per reintegrarsi, a suo tempo, in altre masse viventi. Solo lo spirito nostro vola al disopra di queste fredde ceneri che si dispongono perennemente a ricostruire sempre nuovi meccanismi viventi. È questo il « soffio divino » di cui ci ammonisce la Bibbia.

Ma esso vive fuori di noi.

Quando siamo andati a ricercarne le fonti recondite sempre una voce ci ha detto: « Da qui non si va oltre ».

Augusto Lumière, in un suo bel libro sopra i *colloidi* (le sostanze fondamentalmente vitali del nostro corpo, come l'albumina e la globulina del sangue) arrivato alla fine delle sue indagini è costretto anche lui a confessarci: « L'origine della prima cellula, che corrisponde all'apparizione della vita sulla terra, ci è ignota. Il processo per cui i primissimi colloidi cellulari si sono organizzati resta misterioso ».

Capitolo Secondo

NEL MONDO DELLE FORZE.

Due grandi forze signoreggiano il nostro mondo: l'attrazione delle masse, per noi sintetizzata nella *gravità*, e l'irradiazione del sole, fonte della vita, quindi *forza vitale*.

Gli antichi non ne conoscevano altre, ma già intuivano le nuove che noi ora conosciamo, e fors'anche quelle così oscure « forze occulte della materia » che oggi andiamo indagando.

E noi ora condurremo il nostro lettore a traverso questo mondo delle forze, palesi ed occulte ancòra, che sono quelle che mettono in azione quel grande motore ch'è la vita universale.

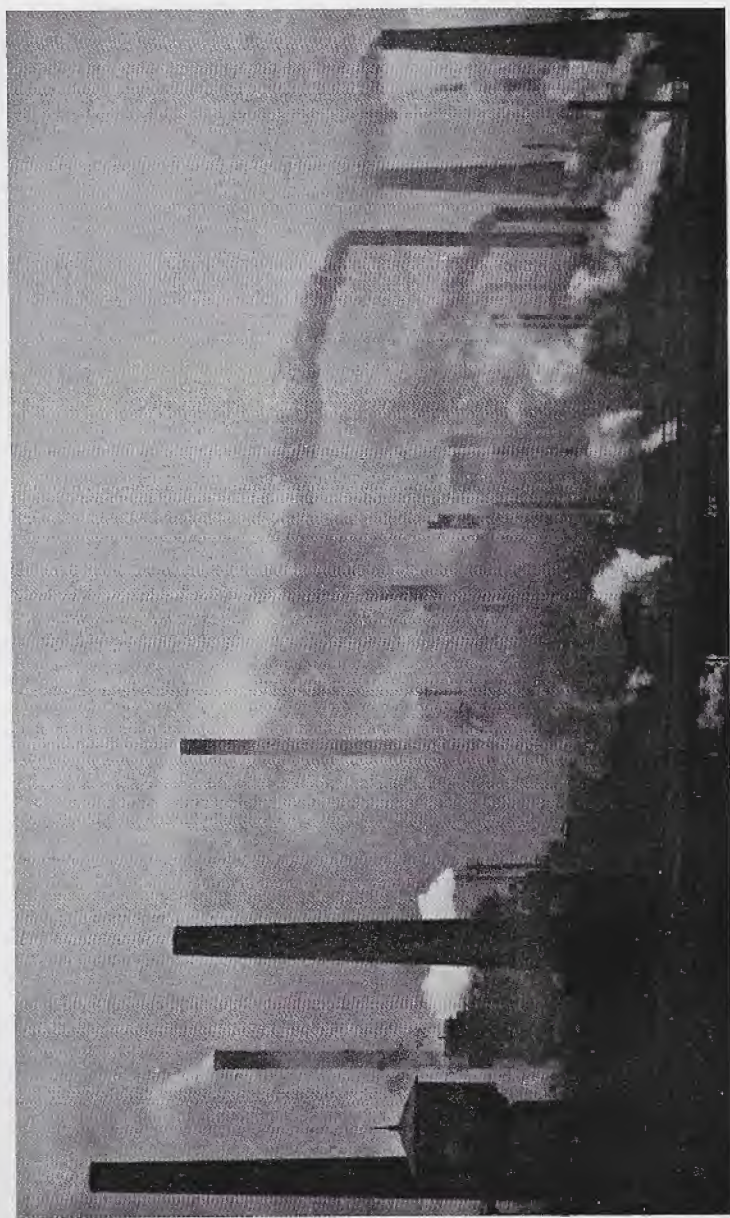
Quando in quell'agosto del 1687 sir Isaac Newton, professore di matematica a Cambridge e sommo fisico, espose nella famosa seduta, ch'è rimasta storica, della *Società Reale di Londra* della quale era Presidente, la sua lezione sulla gravitazione universale, la fama se ne sparse subito in tutto il mondo civile. Non solo ne parlarono e ne discussero gli scienziati, ma diventò persino di moda fra le persone del bel mondo e fra le dame! Il nostro conte Francesco Algarotti, che si trovava allora a Parigi e che scriveva di tutto, compilò in seguito il suo *Newtonismo per le dame* che si diffuse subito in quell'elegante mondo settecentesco che i letterati ci hanno abituati a non considerare che sotto il suo aspetto più frivolo, mentre invece s'interessava anche ai problemi più alti della coltura. (Forse più che non fanno oggi i nostri cavalieri e le nostre belle signore). È curioso leggere nella Prefazione che Carlo Goldoni ha preposto alla sua commedia *La putta onorata* nell'edizione Bettinelli, la descrizione che ci ha lasciata delle letture che il conte Algarotti teneva nella bellissima villa Arconati a Castellazzo Bormida delle nuove teorie newto-

niane. Le graziose ed eleganti ascoltatrici, ci dice Goldoni, si davano tutte con passione alle « sperienze della meccanica filosofica, trattando tubi e cannocchiali »!...

Certo è che la nuova teoria del grande fisico e matematico inglese apriva tutto un nuovo orizzonte alla scienza. Noi italiani però non dobbiamo dimenticare che il nostro Galilei gli aveva già, come s'esprime con poetica frase Ugo Foscolo « sgombrate le vie del firmamento » creando la cinematica e la dinamica con i concetti di velocità, accelerazione e proporzionalità tra forza e accelerazione.

Il Newton espose la sua teoria completa della legge dell'attrazione nella celebre opera *Principia mathematica philosophiae naturalis,* edita nel 1687, applicandola al calcolo delle orbite dei pianeti, della luna, degli altri satelliti e dei loro movimenti con una lucidezza — la lucidezza del genio — che fu detta veramente euclidea. L'opera suddetta è rimasta come « il grande codice dell'astronomia moderna ».

È veramente grande il quadro che Newton ci ha presentato del vasto mondo siderale che con noi si muove nell'universo. Deducendola dalle famose leggi di Keplero (1571-1630) sul moto dei pianeti, egli stabilì che la « gravitazione » è una legge naturale di natura e che tutti i corpi si attraggono fra di loro in ragione diretta (composta) delle masse e inversa del quadrato delle distanze. Ma è interessante per noi andare oggi a rileggere quel che Newton ci dice, nel suo celebre libro, dopo aver esposta la sua teoria: « Io ho esplicato fin qui i fenomeni celesti e quelli del mare per la forza di gravitazione: ma non ho indicato in nessun modo la causa di questa gravitazione. Questa forza viene da *qualche causa,* che penetra sin nel centro del sole e dei pianeti senza niente perdere della sua attività; essa agisce secondo la quantità della materia, e la sua azione si estende da ogni parte a distanze immense decrescendo sempre nella ragione raddoppiata delle distanze... *Io non ho ancòra potuto dedurre dai fenomeni la ragione di queste proprietà della gravitazione* ». Come il nostro lettore vede Newton esponeva chiaramente, con la sua meravigliosa lucidezza e la non meno ammirabile sua modestia, il maggiore *enimma* (che sussiste tuttora) sopra la forza fondamentale che anima il nostro sistema planetario.

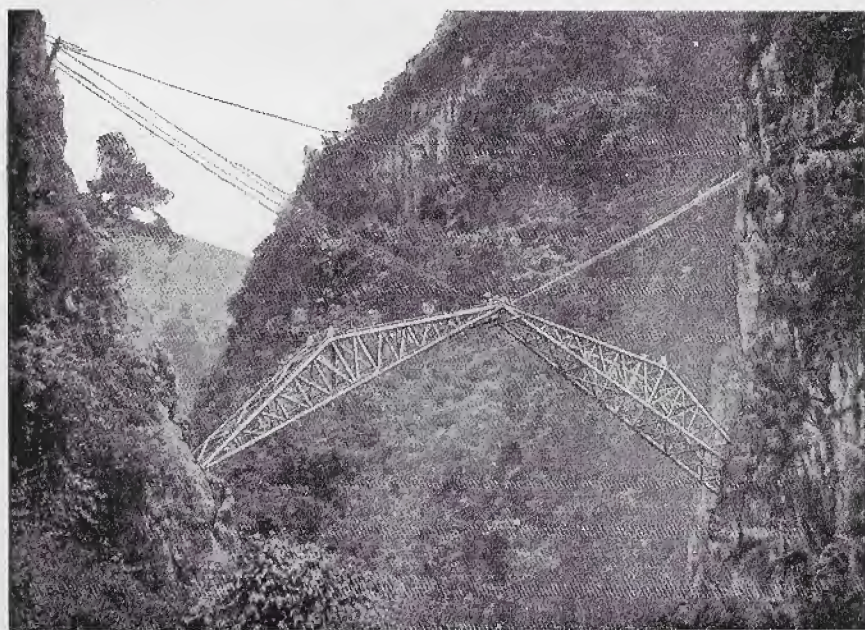
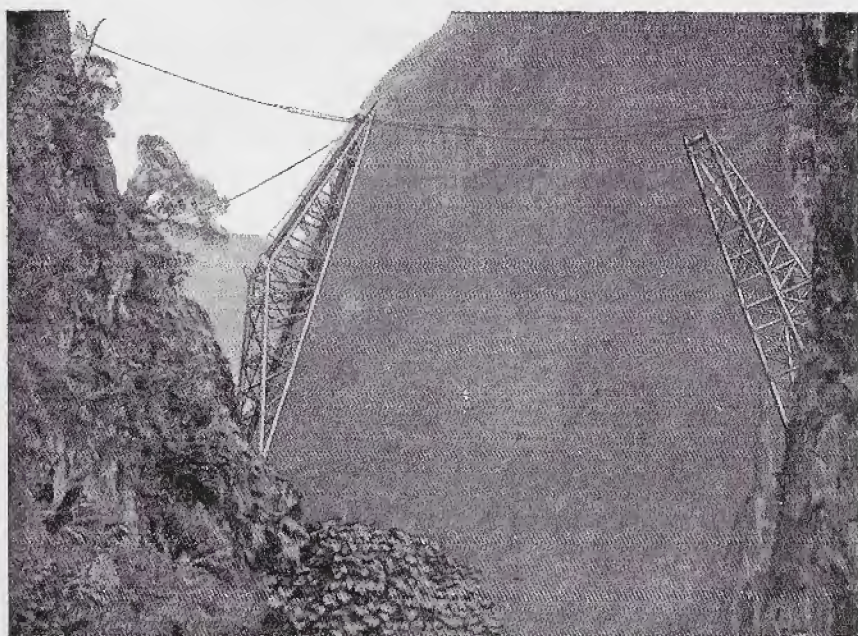
Ed anche ad Emmanuele Kant (1724-1804), che dalla scoperta

Nel regno del lavoro moderno.

(Fot. *W. Roerts*, Hannover — *Orell Tüssli*, edit., Zurigo).

dell'illustre inglese dedusse la grandiosa sua teoria sull'origine del sistema del mondo, la quale poi dopo la legge sulla condensazione progressiva delle nebulose dell'astronomo Herschell, portò all'ipotesi cosmica del Laplace sulla formazione dei mondi, anche al Kant come al Laplace restò *ignota* la causa della grande legge universale che disciplina e conduce i moti degli astri. Essi tutti si rimisero alle parole con le quali Newton concludeva nel suo libro l'esposizione della propria scoperta: « Ci basti però che la gravitazione esista, che essa operi secondo le leggi che abbiamo esposte, e che sia sufficiente per poter spiegare tutti i movimenti dei corpi celesti e quelli del mare ». Ricordiamo al lettore, per comprendere queste ultime parole, che si deve pure al Newton il concetto (già apparso però in qualche antico) sopra il fenomeno delle maree: egli attribuì il sollevamento delle acque oceaniche all'attrazione lunare. Dobbiamo però dire che a tutto oggi anche questo assai complesso fenomeno delle maree è sotto varî aspetti, un altro enimma che ancora non s'è potuto spiegare soddisfacentemente...

***

Prima d'inoltrarci in questo complesso quanto, in fondo, misterioso mondo delle forze, troviamo interessante conoscere quel che ne pensavano gli studiosi dell'antichità. Ne scaturiranno delle curiosissime cose. Senza dire che quel che ritroveremo c'indicherà quanto il pensiero moderno deve agli antichi, de' quali noi siamo gli eredi ed i continuatori.

Così è curioso ritrovare in Anassagora, il filosofo greco vissuto cinquecento anni avanti la nostra êra, il concetto che « i corpi pesanti si riuniscono al centro di uno spazio ». Anche il divo Platone ci parla del « basso, verso cui si porta tutto quanto ha una massa ». C'è poi Aristotile che chiaramente ci afferma come « ognuna delle particelle dei corpi ha peso verso il *centro della terra* ». Del resto c'è Semplicio il quale ci assicura come Strabone ed Epicuro credevano che ogni corpo « ha peso » e si porta verso il centro. Ci dice pure che Cleomene parlasse di questa « tendenza dei corpi pesanti verso il centro ». Strano è che, sempre negli scritti di Semplicio, troviamo un chiaro accenno ai « centrobarici » ossia ai gravi portati verso il centro.

I prodigi delle forze naturali equilibrate.
(Ponti di ferro snodabili sopra abissi in montagna).

È certo riferendosi a questi classici che Dante Alighieri potè, *tre secoli* prima di Newton, scrivere il famoso suo verso, nel canto trentaquattresimo dell'*Inferno*, nel quale chiama il centro della terra

. . . . lo punto
Al qual si traggon d'ogni parte i pesi.

È interessante fare un'osservazione. Quanti concetti che oggi ci sembrano comunissimi furono già intuiti dagli antichi, ma poi decaddero e furono del tutto dimenticati, tanto che l'umanità dovette veder scorrere centinaia e centinaia di anni prima di ritornarne in possesso! G. Marinelli ci fa osservare questo fatto nel concetto così semplice, per noi d'oggi, che *la terra è un astro*. I Greci antichi già lo possedevano: Eudossio, Democrito, ma sopra ogni altro Aristotile, il quale nel suo *Coelo* dice chiaramente come la terra sia una sfera isolata nello spazio « *medio suspensa* », come ci appare nel poeta latino Manilio. Eppure, malgrado questo consenso generale dell'antichità, il primo medio evo lo respinse, come non volle saperne dei due movimenti di rotazione e rivoluzione della Terra, de' quali discorrono chiaramente gli antichi!

Se poi andiamo a ricercare Archimede, che fu a ragione detto il più grande matematico e genio inventivo dell'antichità, troviamo che s'era avvicinato a noi, vero pioniere della modernità nostra, in modo stupefacente. Pensate: egli ebbe l'intuizione del sistema astronomico che fu detto Copernicano — che cioè il sole sia il centro di tutto il sistema — ben *mille e settecento anni* prima di Copernico! Tutti sappiamo, per ritornare alle nostre forze, che dobbiamo appunto ad Archimede l'idea del peso specifico dei corpi (come dalla storiella che a tutti ci hanno raccontato a scuola del famoso bagno con relativa corona d'oro falso del re Gerone), nonchè il principio meccanico della leva. E pare sia proprio di Archimede la famosa frase che poi fu in seguito attribuita ad altri: « Datemi un punto d'appoggio ed io vi solleverò il mondo ». Questa frase ci dice fra l'altro com'egli considerasse la terra come un globo. Ma c'è di più. Dobbiamo ad Archimede l'invenzione della maggior parte delle nostre macchine semplici. Basta farne la lista: puleggia, argano, catapulta, robinetto, vite perpetua, parecchie macchine idrauliche e ad aria compressa, le grue per afferrare le galee romane e trarle fuori

dall'acqua... Non si può negare che la nostra meccanica pratica deve molto ad Archimede.

Tutti sapete la storia degli specchi ustorii con cui egli bruciò le navi romane. Per molto tempo la cosa passò come una fandonia. Orbene tutti i giornali dell'agosto 1928 riportarono il fatto di quel pastorello siciliano che giocherellando con uno specchietto a proiettare la luce dell'ardentissimo sole qua e là in una boscaglia, incendiò un mucchio di foglie disseccate le quali appiccarono il fuoco al bosco!

Quasi tutti i concetti moderni sull'azione delle forze universali già erano stati intuiti da questi antichi di genio. Basta rileggere Anassagora e Aristotile. Il primo ci dice: « Gli astri si sostengono per la violenza della loro rivoluzione: abbandonati cadrebbero ». E Aristotile: « Essi sfuggono alla tendenza propria col loro girare ». E pare che anche Empedocle la pensasse così.

Il lettore che volesse approfondire bene sopra queste antiche opinioni dei greci e sulla quantità di intuizioni che poi ebbero piena luce con la nostra modernità, può trovarle nei magistrali studî sull'Astronomia antica del grande Giovanni Schiaparelli, il quale ci conduce nel misterioso mondo degli antichi con una chiarezza ed una limpidità di stile, che non nasconde affatto la profondità delle sue analisi storiche, e che c'incanta.

Plutarco, che come si sa ha raccolto la maggior quantità delle opinioni degli antichi maestri greci, ci dice cose per noi oggi sorprendenti. Da quel che riferisce ci appare ch'essi ebbero già l'intuizione della gravitazione universale quasi come la doveva poi esporre, tanti secoli dopo, Newton. Essi sapevano che quello che impedisce alla Luna di cadere sulla Terra *è il suo moto stesso e la rapidità della sua rivoluzione circolare*, allo stesso modo che « la caduta di quel che si mette nella fionda è impedita dal suo rapido girare in fondo » (che è il movimento di *circonvoluzione*), giacchè, osserva Plutarco, tutto segue il movimento naturale verso il basso *se non ne viene distolto da qualcosa*. In queste parole si trova già il postulato fondamentale del moto — e cioè la *legge d'inerzia* — come s'insegna oggidì nelle scuole.

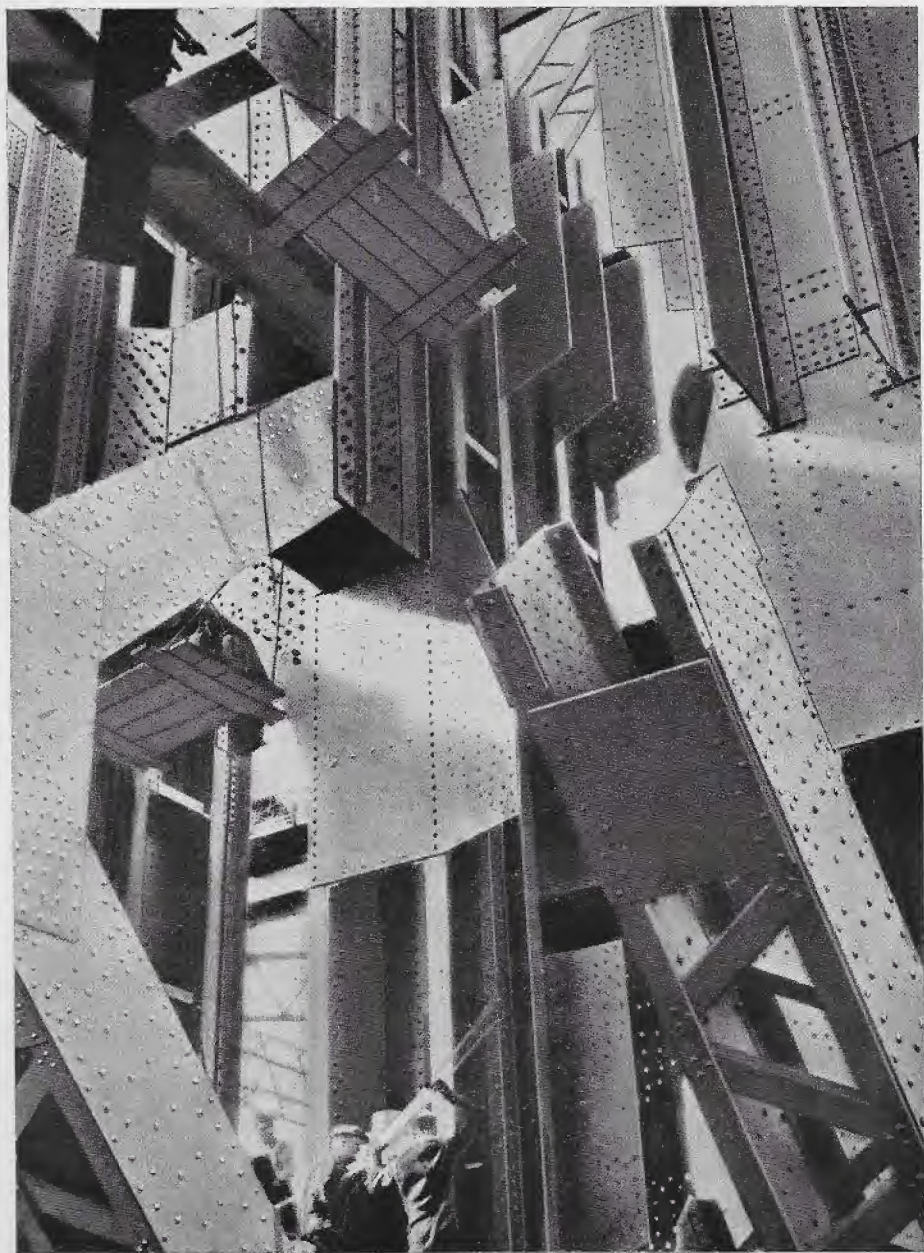
Ma Plutarco ci riferisce qualcosa di più. La Terra — ci dice — possiede una sua particolare attrazione che « fa cadere su di essa

tutto quanto la circonda » e, come se non bastasse, ci fa anche sapere che pure la luna attira nello stesso modo i corpi vicini e che il sole fa lo stesso. Allora — conclude Plutarco — la gravitazione deve essere una « forza comune a tutti gli astri dell'universo » e, dato che vi sono molti mondi, ognuno di essi deve avere il proprio centro... Come si vede Plutarco parlava già come avrebbe potuto parlare un contemporaneo di Newton.

Plutarco inoltre ci presenta un quesito, ch'è uno dei più curiosi enimmi che si riferisca al centro d'attrazione della nostra terra, e che divertirà i lettori. E che ci mostra come il vecchio Plutarco ragionasse proprio come uno di noi.

Si chiedeva dunque Plutarco: « Se delle masse del peso di mille talenti cadessero nella profondità della Terra, si fermerebbero quando giungono al centro senza incontrarvi ostacolo nè appoggio?.... E se trascinate in basso dalla velocità della caduta, esse andassero oltre il centro, non ritornerebbero indietro?... ».

Analizziamo un po', continuando il pensiero di Plutarco, il fatto. Facciamo l'ipotesi (beninteso nella supposizione che il centro della Terra non sia in fiamme, ma solido come il resto del globo) che l'uomo riesca a scavare un tunnel che attraversi la terra da un polo all'altro passando pel centro. (Anche questo lavoro presenterebbe delle curiose particolarità: scavando da un polo, in profondità, arrivati al centro della terra bisognerebbe sfondare in alto, sopra la nostra testa!). Supponendo dunque fatto il tunnel, un uomo di coraggio potrebbe provare a buttarvisi entro. Per i primi 6370 chilometri (misura approssimativa del raggio terrestre) precipiterebbe in basso. Giunto al centro la forza di caduta acquisita lo spingerebbe per qualche chilometro ancòra, ma in alto e cioè salendo, dopo di che agendo di nuovo l'attrazione ritornerebbe al centro con qualche altra risalita verso il polo opposto, finchè si fermerebbe. Ma come si fermerebbe?... Sospeso nel vuoto? Attratto dalle pareti del tunnel?...

Senza dire che se si buttasse con la testa in giù, a capofitto, dopo il centro si sentirebbe salire con la testa verso l'alto, mentre nel ritorno cadrebbe con i piedi in basso. Il lettore può, a suo piacere, aggiungere qualche altro quesito alla curiosa situazione nella quale verrebbe a trovarsi quest'uomo. Viaggio eccezionale che nessun uomo vivente potrà mai darsi il gusto di compiere, nè quindi poter rispondere alle curiosità di Plutarco.

Il sonante poema dell'acciaio.

Il solo fatto però, pel filosofo di Cheronea vissuto dal 46 al 120 sotto Traiano (al quale fu maestro), d'aver pensato a questo problema ci dice quanto questi antichi fossero vicini a noi col loro pensiero.

⁂

Ma è doveroso anche — fra questi precursori — ricordare i nostri italiani i quali, come sempre, furono dei pionieri. Uno dei più singolari è il Borelli, il quale prima di Newton ci presentò un quadro del movimento cosmico quasi completo e assai vicino a quello del celebre matematico inglese.

Gian Alfonso Borelli, nato a Castelnovo di Conza nel 1608 e morto a Roma nel 1679, è una figura di dotto e di studioso ch'è interessante rievocare. Fu medico, fisiologo e matematico: dal 1656 insegnò all'Ateneo di Pisa. Scrisse varî studi di Astronomia, ma sotto lo pseudonimo di *Pier Maria Mutoli*. Era un carattere strano ed irrequieto: pare che si debba appunto a questa sua irrequietezza — che molto spesso assumeva forme irritanti — lo scioglimento nel 1667 della famosa *Accademia del Cimento* della quale faceva parte. Ora il Borelli, in una sua memoria pubblicata nel 1664, parlando di una Cometa apparsa in quell'anno, affermò pel primo il concetto dell'« orbita parabolica ». E cioè che le comete descrivano nel loro cammino nello spazio orbite elittiche e paraboliche intorno al sole. Tenendo presente che la teoria di Newton fu scritta nel 1686 e resa pubblica nel 1687, si vede subito l'assoluta precedenza del nostro Borelli. Il quale ci discorre della rivoluzione dei pianeti intorno al Sole e di quella dei satelliti intorno ai loro rispettivi pianeti come « dovute a qualche proprietà del corpo centrale ». Egli riprese i ragionamenti di Plutarco intorno alla forza centrifuga che mantiene la pietra nella fionda e ne viene alla conclusione che quando la forza centrifuga fa equilibrio alla tendenza centripeta, l'astro deve descrivere un'orbita circolare intorno al corpo centrale.

Tutti questi precursori ci dicono un fatto: che i concetti scientifici sono come una catena i cui anelli sono legati gli uni agli altri. Le intuizioni, le induzioni, si trasmettono da mente a mente, evolvendosi, raffinandosi e completandosi. Nessuna scoperta, nessuna invenzione, nessuna grande legge naturale è nata di getto: basta indagare

un poco nella storia della scienza per trovare sempre l'idea prima, magari informe, ma *idea madre*. E questo perchè ogni passo avanti

Equilibrî di forze.

Come si vede il grande ponte sospeso di Manhattan sull'Est-River di New-York dall'alto di una delle pile.

nella scienza non può essere che il frutto maturato dal pensiero geniale degli studiosi spesso attraverso intere generazioni.

⁂

La forza di gravità, sappiamo, non è che un caso particolare di quest'attrazione o gravitazione universale. Secondo la teoria newtoniana il movimento dei pianeti intorno al sole, quello dei satelliti

intorno ai loro pianeti, si spiega ammettendo fra essi questa mutua attrazione, la quale combinata con l'*impulsione iniziale* degli stessi, è quella che ne determina la traiettoria, generalmente elittica. Alla domanda: chi ha dato questa « impulsione iniziale » a tutta l'imponente coorte dei pianeti e degli astri che popolano l'universo, crediamo molto lontano — e forse non verrà mai — il tempo in cui potremo darle una risposta. Contentiamoci di dire che il fatto rappresenta il maggiore enimma della vita universale.

Newton ci ha detto che questa attrazione reciproca agisce in ragione inversa del quadrato delle distanze e proporzionalmente alle masse. Essa si esercita sopra tutti i corpi, in qualunque condizione si trovino. Quelli che come il fumo e le nubi sembrano sottrarvisi devono il fatto alla gravità stessa, pel principio di Archimede, per la spinta che i liquidi ed i gas imprimono ai corpi immersi in essi, sì che noi galleggiamo nell'acqua, ed il fumo e la nebbia, più leggeri dell'aria, vengono spinti in alto a formare le nuvole. Sono pure fenomeni dovuti all'attrazione universale quelli (assai complessi e pieni tuttora di tante incognite) delle maree e la disuguaglianza di livello nelle acque marine.

La caduta di un corpo non è dunque che il risultato dell'attrazione che si esercita fra esso e le diverse parti del nostro globo. Dato questo fatto essa deve, per simmetria dell'azione, essere diretta secondo una linea ben determinata, che è il raggio della terra. La meccanica ammette che non solo l'attrazione di una sfera è diretta lungo il suo raggio, ma è la stessa come se tutta la massa ne fosse riunita al centro.

Che una massa grande attragga una piccola è stato dimostrato sperimentalmente. Un leggero ago di rame posto accanto ad un enorme blocco dello stesso metallo viene deviato dalla propria perpendicolare. Ma la prova classica è quella che ci fu data dal Cavendisch con la sua *bilancia a torsione*, che si trova in tutti i gabinetti di fisica. Sono due grosse palle di metallo che esercitano la loro forza attrattiva sopra due altre assai più piccole sostenute da un filo pure metallico: sotto l'azione delle due maggiori le piccole fanno torcere il filo.

Per scrupolo di storici ricordiamo che questa bilancia, che sopra tutti i testi viene sempre citata sotto il nome del fisico nizzardo En-

Visioni meccaniche d'oggi.
Il grande ponte di Brooklyn è sostenuto da potenti corde metalliche.

(Fot. *W. Roerts*, Hannover — *Orell Füssli*, edit. Zurigo).

rico Cavendisch (1731-1810), in realtà fu imaginata dal Mitchel e comunicata al Cavendisch dal Wollaston. Dobbiamo però al Cavendisch un fatto importante: quello d'averci, comparando l'azione delle palle della bilancia di torsione a quella che la Terra esercita sopra tutti i corpi, data la densità media del nostro globo, che valutò pari a 5,48 e che le valutazioni più recenti hanno modificato di ben poco, portandola a 5,58. Questa sarebbe la *media* della densità di tutto il globo. Quella però delle rocce che formano la parte superficiale della crosta terrestre è assai meno, cioè 2,56.

Non è inutile accennare qui qualcosa dell'interno della terra. Si parla ancòra di una barisfera, mentre l'ipotesi della *pirosfera* di Laplace (un magma liquido di fuoco che occuperebbe l'interno del nostro globo) va sempre più perdendo credito presso i nostri geologi. (Però in realtà non ne sappiamo nulla: quindi anche questo va messo fra le tante incognite delle quali stiamo discorrendo). Quanto alla densità in cotesto interno così poco a noi noto, l'ipotesi oggi più accettata è quella del Wieckert il quale opina che al disotto dei 100 chilometri sino ai 1500 vi sarebbe una sfera con densità omogenea di 3,2. Oltrepassati i 1500 chilometri vi sarebbe un *nucleo* con una densità, pure omogenea, di 8,2, un poco maggiore quindi del ferro che è 7,5.

Per capire il valore di queste profondità terrestri è bene ricordare che il diametro della sfera terrestre viene all'incirca valutato sopra i 12.740 chilometri, dando un raggio *medio*, secondo il Benel ed altri più recenti, di km. 6370 (1). Questo, teniamo presente, per una *sfera* equivalente al volume della Terra, la quale però non è una sfera, ma uno *sferoide*.

Ed a questo proposito è interessante ricordare come sia appunto con la gravità che i geofisici hanno voluto dimostrare la forma sferoidale della Terra. A ciò ha servito il pendolo. L'esperienze fatte in proposito furono assai minuziose. Accenniamo a quelle del Sabine. Egli portò lo stesso pendolo alle Spitzbergen (a quasi 80° al nord) e contò che dava, in un intero giorno solare, 86.483 oscillazioni. A Parigi invece (circa 40 gradi) ne dava meno, 86.388.

(1) Qualche fisico adopera, come avremo occasione di vedere, la quota di 6360 km.

Portato poi a Maranhan nel Brasile (a 3 soli gradi sud) ne dette ancor meno, 86.259. E Sabine ne dedusse questo importantissimo fatto: che il valore della gravità non è costante sulla Terra, ma che aumenta con l'avvicinarci ai poli mentre diminuisce approssimandoci all'equatore.

Come arrivò a questa scoperta? Dal fatto che la velocità di caduta del pendolo proviene appunto dall'attrazione terrestre. Ora, ricordando la legge di Newton, per cui la gravità agisce in rapporto diretto delle masse attraenti, si pensò subito che ai poli esistesse minor massa, da cui la ipotesi ormai ammessa dello schiacciamento polare. Ma la gravità agisce pure in ragione inversa dei quadrati delle distanze; ne avviene quindi che allontanandosi dalla Terra le oscillazioni del pendolo si fanno più lente, per il rapporto dei due quadrati della prima e della seconda distanza dal centro di attrazione. Il fenomeno si osserva benissimo salendo sopra un'alta montagna. Percui, se la Terra ha realmente una forma sferoidale, lo stesso deve avvenire se noi proviamo il nostro pendolo ai poli e all'equatore.

Le più recenti investigazioni ci dicono difatti che, calcolando la gravità in metri, mentre all'equatore essa è di m. 9,7804, a 45 gradi è già m. 9.8063, a 50 gradi diventa m. 9,8108, ad 80 aumenta ancòra sino a m. 9,8306 per arrivare a m. 9,8323 ai 90 gradi del Polo.

E anche qui dobbiamo ricordare, a proposito di queste delicate investigazioni, un pioniere italiano: giacchè le sue osservazioni rimontano fra il 1789 ed il 1794. Parliamo di quell'Alessandro Malaspina, capitano comandante la *Descubierta* e l'*Atravida,* le due navi mandate allora dal governo spagnuolo a compiere un viaggio di esplorazione scientifica intorno al globo.

Ma non si deve unicamente alla depressione polare la diminuzione della gravità per chi va dal polo all'equatore. Essa viene pure influenzata da un'altra causa: dalla rotazione della Terra intorno al proprio asse. Ed ecco una nuova forza, una nuova energia della quale dobbiamo ora fare la conoscenza. È la « forza centrifuga » la quale cresce con l'aumentare della velocità di rotazione della Terra.

È anch'essa una delle *forze-madri* che ci dominano: e merita che ci tratteniamo un poco con minutezza sopra le sue particolarità ed i suoi effetti, che sono veramente interessanti anche per chi non è un geofisico.

Bisogna che ci figuriamo il nostro globo nel suo continuo rotare intorno al proprio asse, nel mentre compie il suo viaggio annuale nello spazio intorno al sole, seguendo la strada ben definita che gli astronomi hanno chiamato orbita. Tutti i suoi punti compiono nel contempo il loro giro intorno all'asse nelle ventiquattro ore, durata di una rotazione completa. Però le circonferenze descritte da tutti questi punti diversi non sono uguali: mentre sono massime per quelli posti sull'equatore, vanno sempre più restringendosi avvicinandosi ai poli, sì che diventando minime in vicinanza di questi finiscono per essere nulle ai poli stessi. La velocità di rotazione accompagna queste variazioni di circonferenze: massima all'equatore, essa diminuirà sempre più verso i poli, e sarà zero agli stessi. Teniamo presente che se il tempo impiegato a compiere una rotazione intera resta costante, la velocità si accresce in ragione diretta del raggio di rotazione. La forza centrifuga sarà corrispondente; avrà dunque il suo valore massimo sopra la linea equinoziale e andrà sempre degradando verso i poli, annullandosi con l'annullarsi della rotazione dei circoli terrestri dei due poli.

La forza centrifuga è stata considerata come una di quelle che s'oppongono alla gravità. Difatti è facile comprendere com'essa tendendo a *far scappare* le molecole del corpo in rotazione secondo la direzione tangenziale, le spingerà nel senso opposto a cui le trascinerebbe, in basso, la gravità. È stato calcolato il rapporto tra la forza centrifuga all'equatore e la gravità nello stesso punto, che è dato da 0,003467 ossia 1/288. Considerando allora come la forza di gravità venga diminuita all'equatore dalla centrifuga del suddetto proprio valore, e sapendo che la forza centrifuga cresce in ragione del quadrato dei raggi di rotazione, e conoscendo la radice quadrata di 288 che è, in cifra tonda, 17 (esattamente sarebbe 17,9706) ne viene questa curiosa conseguenza: che basterebbe aumentare *diciassette volte* il raggio, e conseguentemente la velocità di rotazione equatoriale, per annullare completamente in quel punto la forza di gravità. Se noi lanciassimo in alto, colà, ottenuto beninteso quanto sopra abbiamo detto, un corpo qualunque esso si perderebbe nello spazio, non ritornerebbe mai più alla madre Terra! Giacchè su di esso non agirebbe più la forza attrattiva che lo richiama al suolo.

Pure col pendolo si può dedurre la diminuzione della gravità

Un equilibrio di forze che nel passato era stato sempre negato.

suddetta. Conoscendo la differenza nella intensità della gravità segnalata dalle oscillazioni pendolari, sapendo che una buona parte di questa differenza è dovuta all'azione della forza centrifuga, pel valore della frazione accennata, basta sottrarre il valore di questa frazione dal primo per dedurre quanta parte della diminuzione della gravità si deve alla forma elissoidale della Terra.

È studiando la fionda — che come vedemmo interessò tanto anche gli antichi — che possiamo saper qualcosa di più preciso sopra questa forza rivale della gravità, ossia sulla forza centrifuga. Tutte le curiosità degli studiosi si concretarono su questa domanda: perchè la pietra tende fuggire dal nodo che la tiene unita alla corda alla quale la nostra mano ha impresso il moto rotatorio?... Il fisico ha risposto: per la « forza d'inerzia » che è quella che dà ad ogni corpo in moto la tendenza di conservare, in direzione e intensità, invariato questo suo moto. Se la pietra non fosse costretta dalla corda a roteare se ne fuggirebbe per proprio conto nella direzione di uno qualunque dei suoi punti che sono sul cerchio ch'è costretta a percorrere, e precisamente secondo una tangente a questo. Difatti se abbandoniamo la corda, la pietra se ne vola via lungo la tangente precisamente al punto nel quale si trovava al momento nel quale abbiamo lasciata libera la corda.

È questo perchè la nostra mano che regge e fa girare la pietra tenuta prigioniera dalla corda è la *forza centripeta* applicata alla pietra. La quale pietra *reagisce* a questa forza della nostra mano, e con lo stesso valore d'intensità, ma, appunto perchè reagisce, in senso contrario. Questa nuova forza che viene sviluppata dalla pietra in movimento fu detta dai fisici la *reazione centrifuga*. Quando cessa la forza centripeta cessa pure la reazione centrifuga della pietra, la quale, appena eliminata la prima che la costringeva a percorrere un cerchio intorno alla nostra mano, se ne fugge con la forza del moto che ha acquisito, lungo la tangente che conosciamo.

Anche qui sono stati fatti dei calcoli. Il valore della *reazione* suddetta è stata valutata a 1/289 del peso del corpo. E la cosa porta ad importanti constatazioni. Premesso che tanto la gravità quanto questa sua rivale forza centrifuga agiscono sopra il peso dei corpi, vediamo che cosa ne deriva. Per opera della gravità il peso non è mai lo stesso nelle diverse parti del nostro mondo. Esso varia nello

stesso rapporto della intensità della gravità nelle diverse latitudini. Il peso di qualsiasi corpo — compreso il nostro — aumenta al polo e diminuisce all'equatore. Ma abbiamo detto che anche la forza centrifuga dovuta al moto rotatorio terrestre influisce sulla gravità. Pensate che tutti i corpi posti sulla terra corrono con questa intorno all'asse della stessa con la velocità di 464 metri al minuto secondo! Cosa fanno? Reagiscono anch'essi contro la gravità che li tiene inchiodati al suolo, tale e quale come fa la pietra nella fionda, con una forza uguale alla forza centrifuga che subiscono, e in senso contrario alla gravità. Perciò ne risulta una diminuzione di peso. Accumulando le due forze sul corpo, questo al polo peserà circa *un duecentesimo* più che all'equatore. Così un corpo che all'equatore pesa *un chilogramma* al polo pesa *un chilo e cinque grammi*. Come si vede non è un granchè: ma è pure un aumento di peso valutabile. La più curiosa conseguenza è questa: che se la Terra cessasse all'improvviso di rotare intorno a sè stessa tutti i corpi che ospita sopra aumenterebbero di peso. Ma anche in questo nulla di grave: un uomo pesante 70 chilogrammi si sentirebbe più aggravato di 242 grammi...

Più interessante è quello che avviene all'equatore. Dato che quivi la forza centrifuga è direttamente *opposta* alla sua gravità, essa la diminuisce di *tutto il suo valore*. Ora, ricordando quanto già dicemmo, se la terra si mettesse a girare con una velocità diciassette volte maggiore, all'equatore i corpi *non peserebbero più nulla!*...

È bene conoscere anche quest'altro fenomeno: man mano che noi ci allontaniamo dall'equatore diretti verso i poli avviene un duplice fatto. La forza centrifuga diminuisce, perchè va diminuendo la velocità di rotazione, ma non essendo più direttamente opposta alla gravità, questa non viene diminuita che di una sola parte del valore della forza centrifuga.

A questo punto però ci conviene fare una doverosa osservazione. Questi calcoli, che sono la risultante della media di moltissime determinazioni, sono certamente diligenti e minuti quanto mai. Ma sono tuttavia ancòra molto lontani dalla precisione matematica della realtà.

Il fatto dipende dalla nostra poca sicurezza su la vera costituzione della massa terrestre. Noi potremmo avvicinarci alla realtà con i nostri cómputi se il globo che abitiamo fosse costituito tutto da

una massa omogenea, che lo fornirebbe di una densità proporzionalmente decrescente dal centro alla periferia. Ma questo non è. La materia del sottosuolo terrestre presenta densità diversissime. I geofisici lo sanno con le determinazioni geodetiche-astronomiche del grado mediante le notevoli deviazioni del filo a piombo. Neppure alla superficie la densità terrestre è costante. I mari, le grandi masse continentali, con le loro alte elevazioni, sono tutte cause perturbatrici per la esattezza delle osservazioni.

Certo è che la sempre crescente raffinatezza dei nostri strumenti tecnici ed i nuovi studi ci potranno dire anche sopra tutti questi quesiti parole sempre più precise.

Intanto possiamo concludere questa rapida corsa fra la prima tra le forze fondamentali che governano la terra, definendo la *gravità* come, nel suo complesso, una forza risultante dall'attrazione delle masse che compongono la terra e dalla velocità del moto di rotazione della stessa intorno al proprio asse. Velocità di rotazione che, producendo la forza centrifuga, agisce in modo da diminuire la forza dell'attrazione. Ma quest'ultima dipende dal modo come sulla terra sono distribuite le sue masse attraenti. La distribuzione, sappiamo, non è costante. Tanto il sottosuolo che le rocce superficiali sono in continuo movimento, si muovono i ghiacciai, le acque del mare ricevendo sempre dai fiumi ingenti materiali di terre sgretolate dalle montagne mutano di densità, mentre le maree ne alterano pure la stabilità della massa facendo variare continuamente la direzione e l'intensità della gravità. La stessa aria subisce continui spostamenti. Quindi la costanza della gravità non può essere assoluta.

E neppure la forza centrifuga ci si presenta come costante. Il ristringimento della terra, dovuto al suo graduale raffreddamento, l'attrito delle maree, diminuiscono lentamente ma in modo continuo la velocità del moto diurno, e per conseguenza la forza centrifuga. Ma vi sono pure altre cause recondite che non sappiamo bene: e vogliamo accennare alle cosmiche. Mettiamovi anche l'azione delle forze elettro-magnetiche, o d'altra natura, a noi sinora ignote.

I teoristi dei viaggi ultra-planetari che... ci promettono (e de' quali discorreremo nell'ultimo capitolo), hanno cercato di imaginare come si comporterebbero i vari corpi terrestri portati in quelle plaghe ove la gravità più non si fa sentire. I lettori possono formarsene un'idea dalla figura che presentiamo.

Il fuoco che oggi fonde i nostri acciai è l'energia solare accumulata da millenni nei grandi cimiteri fossili delle foreste paleozoiche.

(Fot. *W. Roerts*, Hannover — *Orell Füssli*, edit., Zurigo).

Certo è che se l'azione della gravità non fosse preponderante sulla terra nessun corpo sopra di essa potrebbe restarvi fissato. Basta pensare che noi, trasportati nel movimento rotatorio del nostro granello di sabbia con la bella velocità che dicemmo (i 464 metri al secondo), saremmo da questa staccati dalla superficie che ci ospita e lanciati nello spazio con la stessa violenza della pietra dalla fionda. Ma pensa la gravità a tenerci inchiodati sulla madre terra!

I curiosi effetti della mancanza di gravità.

a) *Come si dispone l'acqua in una bottiglia riempita a metà.*

b) *Come si comporta il mercurio in una bottiglia.*

Vera forza fondamentale questa della gravità, alla quale sono dovuti una quantità di fenomeni della vita vegetale e animale, alcuni veramente meravigliosi, e sui quali avremo occasione di ritornare. E possiamo ora dir qualcosa dell'altra grandissima forza-madre che con la gravità padroneggia il nostro mondo.

Quando, nelle lontane età paleozoiche, la terra faceva fiorire le sue sconfinate paludi e maremme riscaldate da un sole tropicale di una meravigliosa vegetazione, della cui potenza inaudita noi non possiamo avere oggi la più lontana idea, preparava i grandissimi serbatoi per le fiamme che oggi bruciano nei forni ardenti delle nostre officine, per ogni luce, ogni calore che oggidì dà vita ad ogni motore della nostra esistenza meccanica.

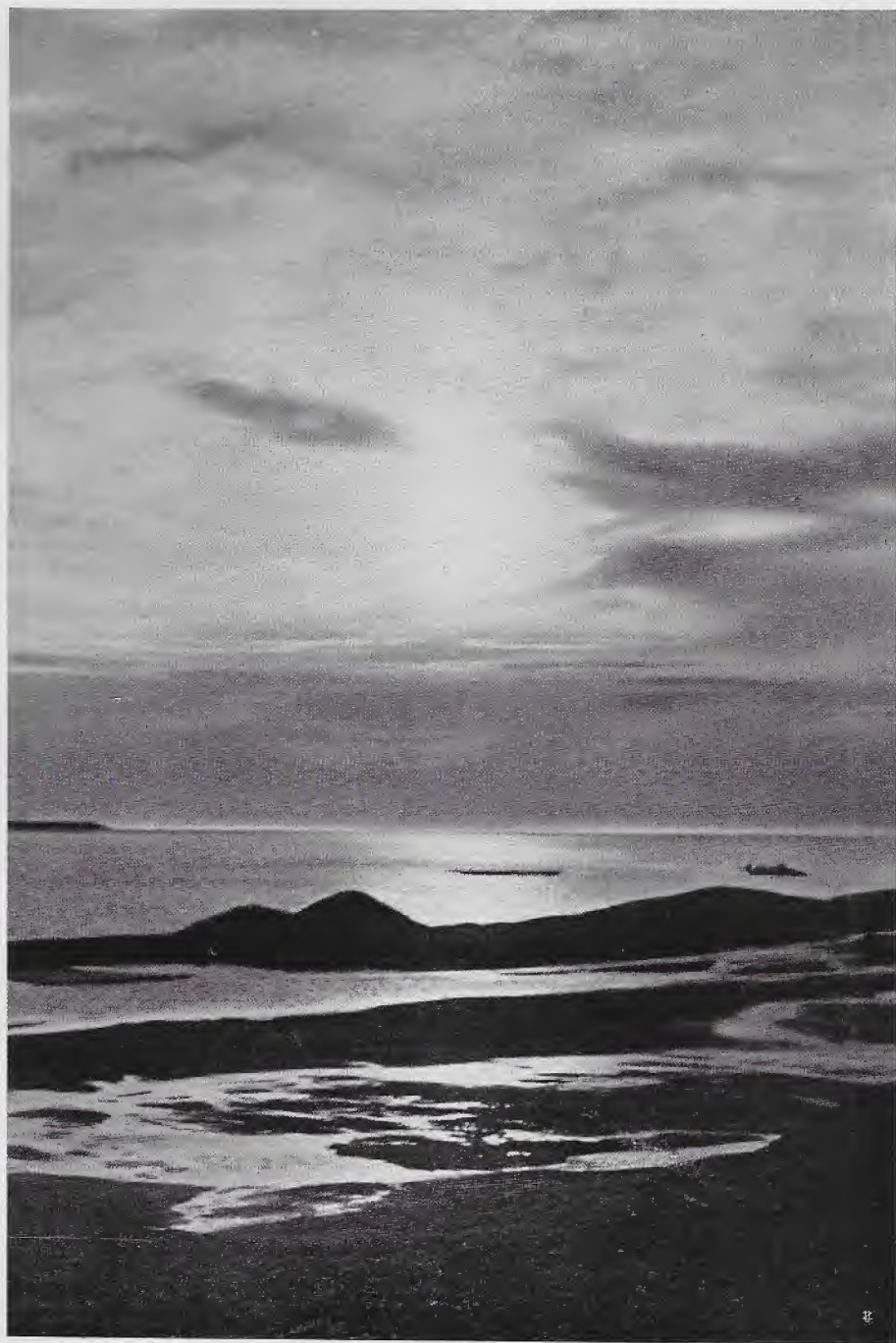
La formidabile ricchezza di quelle prime foreste ci apparisce negli sconfinati letti di carbon fossile che s'accumularono in quel periodo della vita della terra che gli meritarono il nome di *carbonifero.* Il calore che oggi noi chiediamo alle nostre stufe casalinghe, l'incandescente alimento che gettiamo nelle fornaci delle fonderie, degli stabilimenti industriali trasformandolo in energia di lavoro

Le foreste dell'epoca paleozoica che hanno formato il carbon fossile che oggi arde nelle nostre officine.

e in produzione di ricchezza, il carbone che fa correre le nostre locomotive sono eredità del sole che sfolgorò potente in questo periodo geologico intento ad accumulare per noi le sue grandi energie di calore e di luce. Il mare si ritirava ad intervalli dai litorali per lasciare, sulle terre emerse, vaste maremme che in breve si popolavano di una incredibilmente intensa vegetazione palustre e poi diventavano foreste. Ma il mare ritornava ad ingoiarle non appena queste immense foreste erano mature per il loro destino lontano: diventare, ne' millenni futuri, carbone! E la vicenda si ripeteva per centinaia e centinaia di volte, in quel lunghissimo periodo della vita terrestre fattasi per noi carbonara. Ce ne parlano gli strati dello spessore di chilometri dove i letti di carbon fossile ci appariscono sovrapposti cento volte. Singolare magistero della natura, cotesto! — la cosa fa esclamare al nostro Antonio Stoppani. Questa vicenda di abbassamenti e di soste sopra le aree vastissime indicate dalla presenza del carbon fossile — egli ci osserva — che si trova interstratificato a molti livelli in una fila di migliaia di strati argillosi o arenosi, indicano in qual modo, per immagazzinarlo così, la natura, per un lungo giro di secoli impiegò tutte le risorse dei suoi tre regni!

Fu il grande astronomo Herschel che pel primo levò un inno alla grande sorgente — il Sole — di tutte le energie vitali della terra. Ogni azione meccanica esercitata sulla superficie del globo, ogni manifestazione di potenza organica e inorganica — egli ci ha detto — ha la sua origine nel sole. È il suo calore che mantiene il mare nello stato liquido e l'atmosfera in quello gassoso. Tutte le tempeste che agitano i due oceani — quello del mare e l'altro atmosferico — sono lanciate dalla sua forza meccanica.

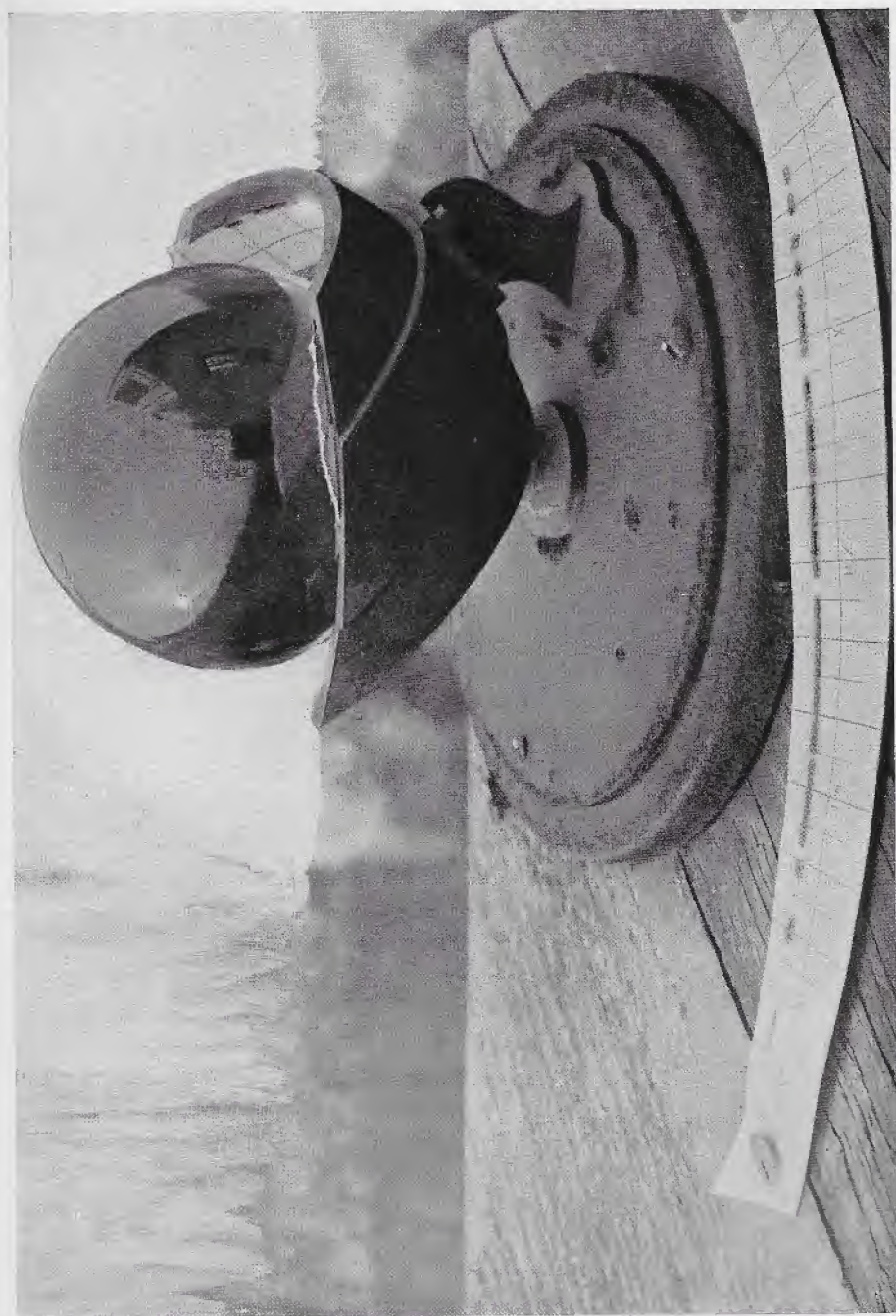
Ricordiamo Arrhenius che attribuisce alla luce solare la seminagione dei primi semi vitali sulla terra, ipotesi che si ricollega con quelle recentissime del Lakovski che dà ai raggi solari il potere della formazione della prima cellula vivente.

Il sole — scrisse Tyndall — viene a noi sotto forma di calore e ci lascia sotto forma di calore: ma nell'intervallo del suo arrivo e della sua dipartita ha fatto nascere le potenze molteplici del nostro mondo terrestre che sono tutte forme particolari della sua potenza e « altrettanti stampi nei quali la sua potenzialità s'è plasmata temporaneamente movendo dalla sua sorgente verso l'infinito ».

Il cotidiano lavorìo del sole sulla terra e nei mari.

Certo è che una potenza meccanica viene elargita incessantemente alla nostra terra (come a tutto il sistema solare) da quest'astro: e tutto ci ha portato sinora a ritenere come il sole sia l'agente supremo di ogni energia. Ora, se ogni forza noi dobbiamo ad esso, se ogni movimento terrestre non è — secondo l'antichissima intuizione classica — che trasformazioni dell'energia solare, possiamo ben a ragione chiamare forza *vitale* questa a noi irradiata con i suoi raggi.

Tutti ben conosciamo il còmpito che il sole affida al mondo vegetale per la nostra esistenza: quello del continuo *ricambio* tra le piante e gli animali. Sotto l'azione dei raggi solari le foglie verdi compiono quotidianamente il massimo dei lavori a prò di tutti i viventi. Lavorìo ancòra misterioso per la scienza — un altro degli enimmi tra i quali andiamo aggirandosi con le nostre pagine — quello cioè di assorbire il gas carbonico contenuto nell'aria per decomporlo nuovamente in carbonio e ossigeno. E noi sappiamo ch'è questa reciproca azione fra animali e piante che conserva la vita ai due grandi rami delle forme naturali terrestri. Se la luce del sole venisse a mancarci cesserebbe subito questo misterioso lavorìo: l'atmosfera, imbevuta del gas acido carbonico espirato dagli animali, diverrebbe asfissiante. Le piante, a loro volta, mancando la luce solare non potrebbero più fornirci gli elementi nutritivi da esse elaborati col carbonio reso libero dalle combinazioni e assolutamente necessari agli animali perchè essi non possono come le piante assimilare le sostanze minerali.

La nostra terra raccoglie l'energia raggiante che su di noi riversa il sole, la trasforma nelle varie sue forze e la diffonde novellamente nello spazio. Sotto questo punto di vista, dunque, la terra è un « ricevitore » ed un « trasformatore » di energia. Non solo, ma anche ogni corpo esistente sopra la terra, noi compresi, è un accumulatore di energia. Per questo diciamo che la vita non è che una trasformazione dell'energia solare.

La faccia della terra — la *biosfera*, per seguire il Vernadsky — riceve da tutti i punti degli spazi celesti una miriade di radiazioni diverse, fra le quali quelle luminose del sole, che sono le visibili ai nostri occhi, non formano che una piccolissima parte. Parleremo a lungo, a suo luogo, di tutte queste radiazioni invisibili che dagli

L'*Eliografo Campbell* registratore fotografico dell'intensità solare.

spazi siderali scendono sino a noi, e delle quali sinora non conosciamo che una ben piccola parte. Diciamo solo, ora, che questa *biosfera* — la parte cioè della scorza terrestre ove impera la vita, con tutte le sue manifestazioni — può essere considerata come un insieme di « trasformatori » che cambiano le radiazioni cosmiche nelle varie energie attive che signoreggiano la terra.

***

Questa è l'opera fondamentale del sole — che fu chiamata la « chiave della vita terrestre » — a prò della nostra esistenza animale. Ma, sempre per noi, ne compie pure delle secondarie meno note. Ci dice il dottor A. Lorand: i raggi del sole costituiscono la forza motrice anche nel meccanismo umano. Ogni battito del nostro cuore ha la sua origine, come causa prima, nel sole. Il cuore è un muscolo, e, come per gli altri muscoli, il suo lavoro è fatto a spese degli idrocarburi, che producono il *glicogeno,* sostanza indispensabile per il lavoro dei muscoli. Dopo che i muscoli hanno lavorato si trova in essi una quantità minore di glicogeno, secondo la quantità di lavoro fatto. Orbene, per creare questi idrocarburi, l'azione del sole è indispensabile. Perchè è solamente sotto l'azione dei raggi solari che si forma l'amido nelle piante che poi, da noi mangiato, si trasforma nel nostro organismo in zucchero, il quale si deposita nei muscoli sotto forma di quella sostanza che abbiamo chiamata *glicogeno.*

A questo proposito è stata fatta un'esperienza assai interessante. Togliendo il cuore ad un animale vivo, questo cuore, dopo essersi arrestato per delle ore, ritornerà a battere per giorni interi. se si mette una soluzione di zucchero con altri sali nelle sue cavità!

Sempre il dott. Lorand (medico alle acque di Carlsbad e ottimo scrittore) ci fa note altre benefiche azioni che il sole compie sopra il nostro organismo. I raggi del sole — egli ci dice — agiscono favorevolmente non solo sulla salute del corpo umano, ma anche sulle sue condizioni intellettuali: « Ho in modo particolare osservato gli effetti deleteri della mancanza di sole sull'intelligenza, e citerò come esempio un'osservazione fatta sopra 157 prigionieri ungheresi che dopo la rivoluzione del 1848 furono tenuti per anni

nelle prigioni sotterranee dello Spielberg a Brünn in Moravia, prigioni nelle quali mai penetrava un raggio di sole. Il risultato di così terribile prigionia fu che circa il 10 % di essi divennero pazzi inguaribili, e gli altri caddero in una terribile malinconia o in una profonda depressione morale, della quale continuarono a soffrire per molto tempo anche dopo essere stati rimessi in libertà ».

Gli ultimi studi sulla terapeutica solare ci hanno detto quale importanza abbiano i raggi del sole sopra lo sviluppo dei bambini deboli. Esiste una relazione ormai assodata fra il contenuto di emoglobina nei bambini portati al mare e la durata della irradiazione solare. Ricordiamo pure come durante la guerra il miglior metodo per guarire molti feriti e mutilati — usato specialmente in Germania — fu quello dei bagni di mare esponendo quindi lungamente le parti malate al sole.

Il nostro popolo — gran maestro di saggezza — ha del resto rinchiuso tutta l'azione salutare del sole su di noi in quel notissimo proverbio: « Dove entra il sole non entra il medico ».

Sopra tanti altri fenomeni importanti e singolari del sole, sia sul nostro corpo come sopra gli animali e le piante, dovremo ritornare a suo luogo nei capitoli che seguono.

⁂

Il sole proietta sopra la nostra terra, in un solo *minuto secondo*, un'attività calorifica rappresentata da questo formidabile numero di *calorie*: 3.820.500 seguito da ben 12 zeri. (Il lettore non si spaventi se ora noi lo conduciamo per un momento tra i numeri fantastici).

Per intenderci ricordiamo che abbiamo chiamata *caloria* la quantità di calore necessaria per elevare di *un grado centigrado* la temperatura di un chilogramma d'acqua a zero gradi. Ora fu calcolato che il lavoro reale della irradiazione calorifica del Sole alla distanza di *un metro* dalla sua superficie giunge alla potenza di 157 mila cavalli al *minuto secondo* e per *metro quadrato* di superficie solare. Sapendo che questa comprende nella sua totalità ben 58 trilioni (*trilione* è il milione alla terza potenza, ossia l'*unità* seguita da *diciotto zeri*) di metri quadrati, il lettore può conoscere la sua va-

stità. Basta che aggiunga diciotto zeri al numero 58. Pertanto il lavoro totale prodotto dal calore irradiato da tutto il sole sarebbe rappresentato da un numero di 24 cifre, che comincia con 9, di cavalli di potenza!... [1].

Ma va notato che questo numero, per quanto enorme, non rappresenta che una frazione estremamente piccola della quantità di calore emessa nel medesimo tempo dal sole, pari cioè solo all'area che nel cielo solare occupa il piccolissimo disco della nostra terra, riferito alla superficie totale della sfera eliocentrica, e cioè del Sole. La metà dei suoi raggi calorifici è assorbita dall'atmosfera, senza dire che la luce emessa dal sole giunge a noi incompleta — com'è stato dimostrato dall'analisi dello spettro solare — perchè perde una parte dei suoi raggi elementari nell'attraversare l'involucro infiammato che circonda l'igneo suo globo centrale, per bruciare le masse di metalli volatilizzati che si trovano nella sfolgorante *fotosfera*.

Sembra d'altra parte che la nostra terra non richieda dal sole che una ben piccola parte della sua sterminata ricchezza calorifera, e cioè la 2735 *milionesima* parte. Prendendo come unità di misura la Terra, il Sole regala agli altri pianeti le sue dovizie di calore e di luce in queste proporzioni, con ordine crescente: *Nettuno* 0,02; *Urano* 0,05; *Marte* 0,12; *Mercurio* 0,94; *Saturno* 1,01; *Venere* 1,87 e *Giove*, il colosso del nostro sistema, ben 4,51.

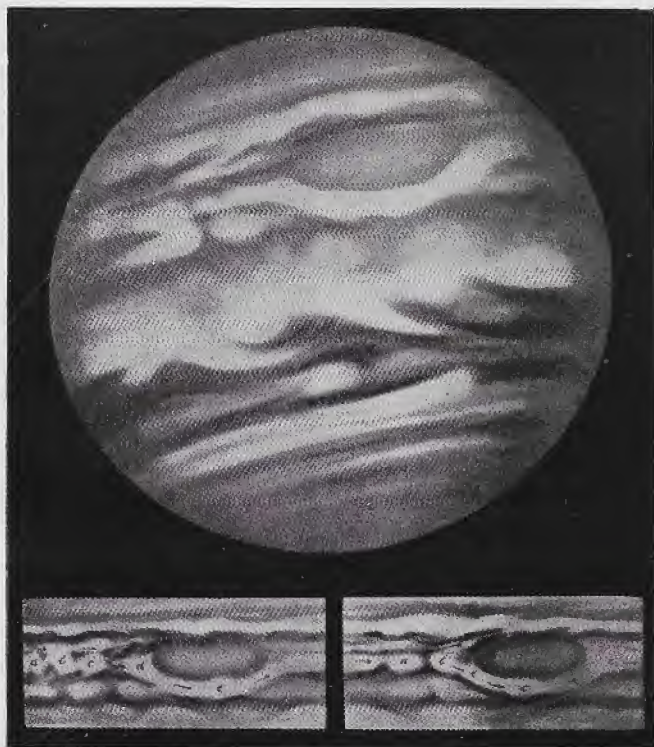
Come si vede la Terra è dunque in questa distribuzione di calore e di vita abbastanza privilegiata: due soli pianeti ricevono calore e luce più di essa dal Sole, e sono *Venere* per quasi il doppio e il grande *Giove* per quattro volte e mezza di più.

William Siemens ha calcolato che tutti gli altri pianeti che fanno capo al Sole nel nostro sistema raccolgono una quantità di calore *decupla* di quella da noi raccolta, il che porta a poter affermare che l'energia solare utilizzata dai pianeti è appena la *ventidue milionesima* parte della totale radiazione emessa dal grande produttore di calore.

Il problema della misurazione della luce solare occupò da tempo

---

(1) Secondo il Perrin il Sole irradierebbe annualmente una quantità di calore dato da 4×10^{33}, e cioè 4 moltiplicato per 10 seguito da *trentatrè zeri*.

gli scienziati. Da Fiseau e Foucault che ne calcolarono l'energia ricorrendo alle azioni chimiche prodotte dalla luce del sole, a Janssen, che nel 1881 pel primo applicò allo scopo il metodo fotografico, a

Il colossale pianeta Giove, dalla mutevole faccia, è il maggior assorbitore delle radiazioni solari.
(Ne riceve quattro volte e mezza più della Terra).

Jardan con il suo *eliografo* cilindrico, a Richard, siamo pervenuti ai modernissimi strumenti, quali l'eliografo Campbell, che sono veri registratori fotografici dell'intensità solare.

***

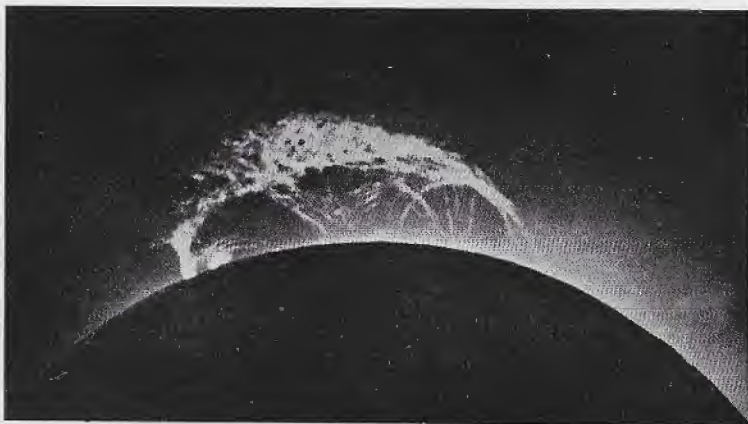
Il Meyer ci fornisce alcuni elementi per poterci fare un'idea della produzione di forza del sole riguardo alla nostra superficie terrestre. Sappiamo come la sua irradiazione sia il motore gigantesco che mette in movimento l'enorme macchina della nostra atmosfera la quale, come si espresse pittorescamente un astronomo: « fa scorrere in circolazione perenne l'acqua a traverso le vene della terra ». Orbene, le osservazioni meteorologiche hanno computato come annualmente nelle regioni equatoriali del nostro globo ben 600 *bilioni* (il bilione è il milione alla *seconda potenza* = 1.000.000.000.000) di metri cubi di acqua vengono convertiti in vapore e trasportati verso i poli. Ora distendendo queste masse di acqua sopra una superficie eguale a quella dell'Europa si avrebbe un mare della profondità di 66 metri.

E il sole — ci nota il Meyer — compie un lavoro così grande tanto facilmente come per giuoco, che noi solo nei casi più rari avvertiamo, quando cioè il vento dell'uragano scuote le nostre case od il rombo del tuono nel temporale ci spaventa!...

Ma il sole è fonte di ancor altre energie di lavoro terrestre. Oltre i potenti suoi raggi luminosi e caloriferi esso diffonde nello spazio onde elettriche e magnetiche. La nostra terra avverte nelle sue bussole il lavorìo magnetico del Sole con quelle deviazioni dell'ago chiamate « tempeste magnetiche » e che avvengono quando sulla superficie dell'atmosfera solare si manifestano delle più o meno potenti agitazioni. E al sole è stato dato, ricordiamo anche questo, con la sua forza di attrazione, l'alto còmpito di regolare tutto il suo vasto sistema e di mantenere in movimento, come si esprime un grande astronomo « quell'esattissimo congegno di orologeria le cui ruote sono mondi giganteschi ».

Una domanda si sono mossi, da tempo, tutti gli uomini: quanto potrà durare questa così potente e per noi tanto preziosa fonte di energia cosmica?... Alla domanda hanno cercato di rispondere gli astronomi. Essi intanto hanno potuto assodare come questa quantità di energia fornita dal Sole diminuisce con estrema lentezza. Tanto — ci rassicura il nostro astronomo Prof. Francesco Porro

— che il decrescimento è rimasto inavvertito negli ultimi *tremila anni*, e non deve certamente essere stato molto maggiore per lunghi periodi anteriori, come si può arguire dalla geologia.

Lord Kelvin ha calcolato a soli 35 metri per anno la contrazione del raggio solare corrispondente all'ammontare attuale della radiazione e ne ha dedotto che per dare una somma di energia uguale all'incirca a quello che dà presentemente, il Sole deve essersi ridotto

Grandi protuberanze solari che scaricano energie colossali nello spazio.

negli ultimi duecento anni di un *centesimo* appena del suo raggio. Ma pure tanto il celebre scienziato della Università di Glascow che il Newcomb pensano: « che non sia presumibile che il Sole possa continuare per *dieci milioni* di anni ancòra a fornir calore in misura sufficiente a mantenere la vita sulla terra », vita, almeno, nel senso che noi ora intendiamo.

Mentre l'Helmholtz fissava a *venti milioni* di anni il valore tempo (nel *tempo nostro* s'intende) dell'energia solare, lord Kelvin (William Thomson) lo ridusse a soli *dodici*, e fors'anche a meno (calcolando a circa venti milioni di anni di luce solare quelli già trascorsi) ossia a *cinque o sei milioni di anni* solare per l'avvenire. Dobbiamo dire però che il Lee — il noto astronomo americano — s'è mostrato più ottimista. Egli opina che il Sole si trovi tuttora in stato di temperatura crescente. E valuta la sua temperatura d'oggi in 8000

centigradi. Altri l'hanno ridotta a soli 6000. Un bel grado di calore, in ogni modo, che ci porta a riflettere quanto del « nostro tempo » debba ancòra trascorrere per raffreddarsi sino ai soli 40 gradi primitivi ai quali si pensa dovesse trovarsi la famosa nebula originaria del nostro sistema solare quando da essa, secondo la teoria di Laplace, se ne staccò la massa terrestre.

Certo è che l'esempio dei pianeti ci dice che anche l'energia solare deve avere un termine. Essa è forse destinata a disperdersi... tranne che intervengano azioni esterne che riforniscano il sistema. Le quali possono essere molteplici e non possiamo che accennarle brevemente. Mayer pensa che la macchina solare possa venire continuamente alimentata — come un immenso braciere nel quale venga gettato sempre nuovo combustibile — dalle comete e dai meteoriti che cadono sovr'essa. È assodato che la regione circostante al Sole è occupata da sciami meteorici fittissimi e che vi abbondano le comete. Sono importanti le osservazioni che il Tacchini fece durante l'eclisse totale del maggio 1882.

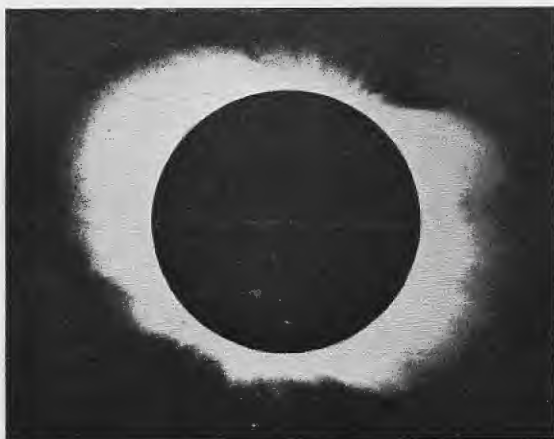
Lord Kelvin invece, seguendo i concetti dell'Helmoltz, crede che la cosa vada studiata sotto l'aspetto chimico, e cioè quali continue reazioni degli inviluppi esterni solari...

Infine, fra i più recenti, il Millikan, che ritroveremo molto spesso sopra queste pagine, ritiene che se il sole dovesse spegnersi un altro sole potrebbe accendersi per sostituirlo presso la nostra terra! Egli parte da questo concetto: man mano che il Sole si disintrega, nuovi soli si formano dagli elettroni dallo stesso provenienti... Secondo il Millikan l'uomo può stare sicuro che per almeno ancora un buon miliardo di anni riceverà l'energia solare che gli occorre. Ne riparleremo nel capitolo sesto.

***

C'è concesso intanto prospettarci quali curiosi fenomeni potrebbero prodursi sulla nostra terra qualora venisse d'un sol tratto a mancarci il calore del nostro grande astro. È, s'intende, una ipotesi impossibile nella realtà perchè la degradazione dell'energia solare non potrà essere che graduale e lentissima. La terra, esaurito il suo ca-

lore interno, verrebbe piombata nella grande notte dello *zero assoluto* siderale.

Diciamo intanto che gli scienziati non si sono potuti mettere del tutto d'accordo sopra il valore da attribuire alla temperatura che regna nei grandi spazi interplanetari. Si dice che nell'interno di certi grossi aeroliti provenienti da queste grandi plaghe fra mondi e mondi siasi potuta misurare la temperatura dei 273 gradi sotto zero dei no-

Energia solare.

stri termometri, che corrispondono ai — 460° Fahrenheit. A parte le difficoltà per ottenere l'esattezza di questa misurazione, dobbiamo fare un'osservazione. Lo *zero assoluto* dovrebbe per noi indicare la cessazione completa di ogni azione calorifera. Ora, ammettendo pure che nei grandi spazi morti tra pianeta e pianeta questo sia possibile, chè non sappiamo quali irradiazioni possano pervenire sino ad essi, dicendo « zero assoluto » ossia « il nulla » rispetto al calore, cesserebbe a rigor di termine ogni valutazione. Il lettore potrebbe facilmente osservarci che non si può valutare quello che non esiste... E difatti, dicendo —273° è, matematicamente ed a *priori*, ammesso che possa esistere un —272° e così via. Ma i fisici calcolano il valore di questo *zero assoluto* sotto un altro punto di vista : non dobbiamo considerarlo come l'assenza completa di ogni calore ma come

la *più bassa temperatura* che supponiamo esistere in natura, alla quale vengono annullati tutti i moti molecolari nella materia. Un gas si comprime sempre di più man mano che lo si sottomette ad una temperatura gradatamente inferiore. Partendo dallo *zero* dei nostri termometri, per ogni grado di abbassamento di temperatura il gas si riduce di *un duecentosettantatreesimo* del proprio volume. Ora è naturale che il volume sarà del tutto annullato, ossia ridotto a zero, quando la temperatura si sarà abbassata sino a 273 gradi. Così va inteso lo zero assoluto. Naturalmente esso non è stato sinora mai potuto raggiungere ne' nostri gabinetti sperimentalmente. Diciamo pure che neppure sul valore preciso dei —273° sono ancòra del tutto d'accordo gli astronomi e i fisici: chè alcuni pongono questo zero assoluto fra i —280° ed i —350° centigradi.

Ma contentiamoci pure dei —273° gradi per offrire al lettore il quadro che la terra presenterebbe qualora venisse sottoposta a questa spaventevole temperatura. Ogni cosa muterebbe aspetto. Non solo l'oceano diverrebbe di ghiaccio ma s'avrebbe un nuovo oceano dato dall'atmosfera che si condenserebbe, e dopo essere passata allo stato liquido ghiaccerebbe a sua volta coprendo la superficie del globo per oltre dieci metri di altezza. In un mondo simile la materia assumerebbe forme e proprietà curiosissime. Quasi tutti i gas diverrebbero liquidi e poi solidi, o si perderebbero volatilizzati nell'etere.

L'atmosfera non resterebbe più composta che di solo idrogeno e di pochi altri gas leggerissimi. I nostri liquidi e le sostanze più terribili perderebbero tutto il loro potere: l'acido solforico diverrebbe innocuo come l'acqua limpida, la dinamite perderebbe quasi tutta la sua potenza esplosiva. Si potrebbe versare dell'aria liquida in un pentolino fatto col ghiaccio e con la sola fiamma di uno dei nostri fiammiferi di legno farla bollire violentemente, senza sciogliere per nulla il ghiaccio del pentolino...

Tutti i corpi acquisterebbero una elasticità inaudita. Una palla di cannone lasciata cadere sopra una superficie resistente rimbalzerebbe come una palla di gomma a grandissima altezza. Tutte le sostanze acquisterebbero la durezza del diamante; alcune poi, come certi gas, solidificate diventerebbero tanto trasparenti che non si vedrebbero più!...

Ma lo spettacolo più fantastico verrebbe dato dalla intensa

luminosità che acquisterebbero tutti i corpi. Il nostro diventerebbe un mondo di luce perchè ogni energia si trasformerebbe in luminosità! Anzitutto l'idrogeno, rimasto solo con i suoi pochi compagni che

A molti gradi sotto lo zero...

noi chiamiamo gas rari a fare da atmosfera, assumerebbe le splendide luci e le colorazioni delle aurore boreali e (se potessimo sussistere in una simile temperatura) noi godremmo tutta la notte del meraviglioso spettacolo di queste luci varie e vaganti che ci empierebbero di meraviglia.

Ogni corpo poi della nostra terra manderebbe una luce propria. Il latte solidificato irradierebbe una bella luminosità azzurrina. Le uova verrebbero trasformate in altrettanti piccoli globi luminosi, come le nostre lampadine elettriche opache! E questo per effetto dell'albumina che contengono. La quale albumina, spalmata sopra un oggetto qualsiasi, lo renderebbe tanto luminoso da poter leggere con tutto comodo il giornale.

Nessun fotografo però potrebbe mai ritrarre simile spettacolo, perchè con un tale freddo nessuna fotografia sarebbe più possibile esser presa: poichè noi sappiamo che già alla temperatura dell'aria liquida (circa 140° sotto zero) la luce perde l'ottanta per cento della sua potenza chimica.

In compenso le forze di coesione dei corpi, specialmente dei metalli, verrebbero aumentate enormemente. Un sottile filo metallico, capace alla nostra temperatura ordinaria di reggere solo qualche grammo, potrebbe sostenere parecchi chilogrammi di peso.

Se noi infine potessimo vivere in un ambiente siffattamente rarefatto ci troveremmo secondo il dott. Dewar dell'Istituto Reale di Londra, a possedere una sensibilità straordinaria che ci procurerebbe un'infinità di sorprese.

Tale sarebbe il nostro mondo se, come si trova ora, venisse all'improvviso immerso nella grande notte della morte del sole e quindi nel pauroso regno del terribile freddo assoluto.

***

Un giorno una gentile signorina richiese al nostro grande Galileo Ferraris che le dicesse « che cosa è l'elettricità ».

E il Maestro cortese le rispose: « A te, o fanciulla còlta e gentile, che amabilmente mi domandi che cosa sia l'elettricità, posso rispondere: essa non è soltanto l'agente pauroso che rompendo talora la compagine dell'atmosfera ti sgomenta col fragore della folgore, ma eziandio l'agente vivificatore che tramanda dal Sole alla Terra, con la luce e il calore, la magìa di colori e l'alito della vita, quello che partecipa al tuo cuore il palpito del mondo esterno, quello che sa trasmettere all'anima tua l'incanto di uno sguardo e di un sorriso ».

I grandi scienziati sono tutti poeti (e fors'anche i più sinceri

poeti), e mai in così poche e poetiche parole nessun altri seppe sintetizzare tutta la misteriosa verità del fluido che ha dato il suo nome alla modernità. Poichè esso è patrimonio tutto e veramente nostro. Gli antichi ne ebbero una vaga intuizione, ma la conquista dell'elet-

Fotografia del gas idrogeno del sole.

(da *Eddington*).

tricità è indubbiamente una vittoria della scienza moderna. È vero che il nome del nostro fluido modernissimo gli viene dall'ambra, che gli antichi chiamavano *electron*. E questo perchè già s'era osservato che strofinando questa resina, così preziosa nell'antichità, con un panno essa acquista la proprietà di attirare i corpuscoli. E lo sappiamo da Talete di Mileto, il matematico, vissuto oltre cinque secoli prima di G. Cristo. Più antica però ci appare la conoscenza del magnetismo, poichè ne parlano con molta chiarezza Aristotile, Lucrezio e Plutarco.

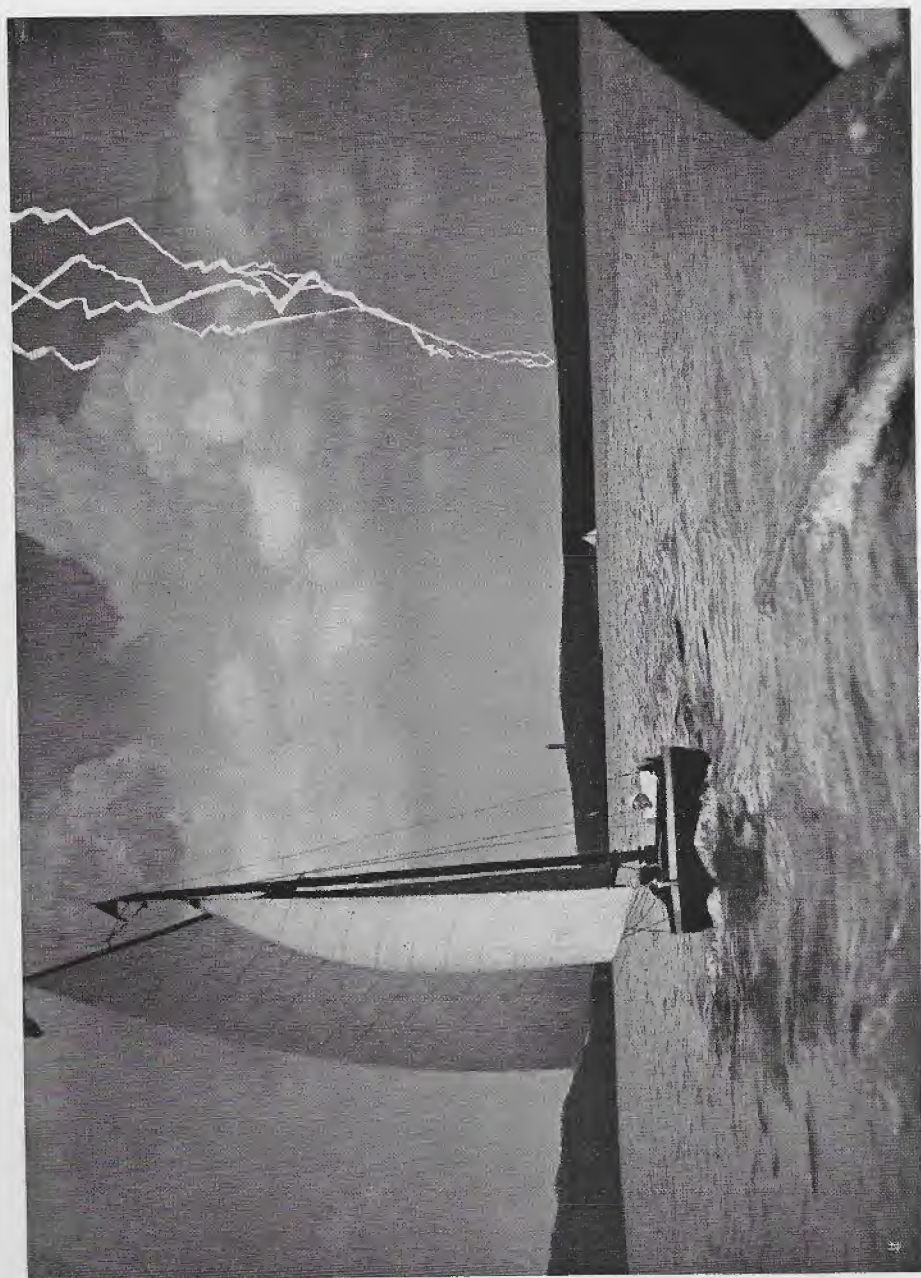
Possiamo dunque dire che con l'elettricità s'è aperta la moder-

nità scientifica. E nulla è più interessante ed utile che rintracciare, sia pure molto sinteticamente, la sua rivelazione agli uomini e seguirne il rapidissimo e veramente vittorioso cammino sino a noi. Giacchè non è la storia dell'elettricità che in tal modo si rievoca: ma quella di tutta la scienza moderna e del nuovo pensiero scientifico che ha illuminato il secolo or ora scomparso e del quale il nostro è l'erede.

Bisogna rimontare a quel famoso borgomastro di Magderburgo, Otto von Guericke, del quale nessuno di noi ha dimenticato dalla scuola i famosi « emisferi » da lui costruiti per dimostrare la forza della pressione dell'aria. Lo studioso e geniale borgomastro, dunque, nel 1661, mise insieme la prima macchina elettrica senza conduttore. Ma egli andava orgoglioso per ben altra sua scoperta, alla quale annetteva una grandissima e quasi magica importanza. Egli diceva d'avere scoperto tutte « le virtù della materia cosmica » nello solfo! E qui occorre uno schiarimento. Lo solfo godette per molto tempo, presso tutti gli alchimisti medioevali, fama di arcane e straordinarie proprietà: entrava in tutte le più misteriose miscele ed era l'elemento fondamentale per le ricerche della famosa trasmutazione dei metalli vili in oro... Diceva dunque il borgomastro De Gueriche: « Prendete una sfera di solfo, fatela rapidissimamente girare e confricatela con ambo le mani: *avrete il segreto di tutti i misteri del cosmo!* » Oggi queste parole sibilline e che sanno molto di alchimista medioevale ci fanno sorridere: eppure è innegabile che, nel loro grezzo, per dir così, nascondevano l'intuizione delle maggiori scoperte moderne. Non potevano capirlo i dotti suoi contemporanei, ma ne furono impressionati; tant'è vero che il famoso a quei tempi medico Guglielmi ne trasse il suo principio, adottato subito da tutti i fisiologi d'allora e ch'ebbe grande voga, che il calore animale doveva venir spiegato « come effetto dell'agitazione delle *sostanze solfuree* che sono diffuse nel sangue! ». Il fatto è, invece, che fu appunto questo per essi così misterioso « effluvio » sprigionato dallo solfo confricato — che Newton già pel primo aveva chiamato *vapore elettrico* [1] — quello che doveva mettere tutti gli studiosi venuti dopo sulla buona strada.

E pel primo Beniamino Franklin.

---

[1] Nell'*Ottica*, libro III - questione VIII.

È sommamente interessante rileggere oggi la lettera che, in data del 1750, egli scriveva al suo amico Collinson: « In questi giorni io presi una bacchetta di vetro e la strofinai con una pezza di flanella. E ho scoperto ch'essa attira o respinge certe sostanze, come le pallottoline di sambuco. Allora pensai di adattare più palline ad un filo di metallo e produrre lo stesso effetto ad una distanza maggiore... ». E fu il primo *elettroscopio*, come fu chiamato, o pendolino elettrico. Franklin cercò spiegarne la ragione al suo amico così: « Che cos'è dunque accaduto? Io penso che si possano dare al riguardo due spiegazioni. Le particelle della bacchetta di vetro da me strofinata possono essere state messe in una *forma speciale di moto* e che questo moto abbia prodotto attrazione o repulsione, dal momento che le palline scappano in una direzione o in un'altra ». E il grande fisico americano fece l'ipotesi che il vetro, dilatandosi per effetto del calore, assuma una quantità maggiore di fluido che non nelle sue condizioni normali e che poi, col raffreddamento, tenti di ripristinare lo stato di prima. Oggi, naturalmente, questa spiegazione non ci può più soddisfare: essa ci appare forzata.

Ma teniamo presente che cosa ci ha detto il Fournier d'Albe, nella sua *Contemporary Electrical Science*: « L'elettrizzazione per sfregamento è tuttora il meno spiegato fra tutti i fenomeni elettrici ».

Però Franklin intuì, sino d'allora, la modernissima teoria dell'elettrone. Sentite che cosa scrisse: « Per tutta la natura corporea è sparsa una sottilissima materia che comprende la ragione e la causa di tutti i fenomeni elettrici. Le *particelle* di questo fluido si respingono a vicenda. Qualsiasi materia allo stato normale contiene una determinata quantità di questo fluido. Se mai avvenisse che una porzione qualsiasi di materia fosse privata di una parte di tale quantità determinata, essa attrarrebbe il fluido con una energia proporzionale alla quantità che ha perduto, e respingerebbe un'altra porzione di materia che avesse sopportato una diminuzione consimile. Tutti i fenomeni elettrici sono dovuti alla varietà nella distribuzione e nel movimento delle particelle di questo fluido ».

Data d'allora il nome di *elettricità positiva* a quella che si svolgeva sul vetro strofinato e *negativa* a quella sulla resina. E seguirono le teorie del Symmer, fisico inglese che con quella del Franklin ammisero due *fluidi elettrici* (che sarebbero le « due elet-

tricità di natura differente » espresse dal Du Fay sino dal 1734) detti anche *fluido neutro* o *fluido naturale*, che, esistendo in tutti i corpi allo stato di combinazione, e per cause diverse, quali lo strofinamento o le azioni chimiche, potevano separarli originando i fenomeni elettrici... (Così studiavano ancora l'elettricità sino al 1870 i nostri nonni e padri).

Secondo Franklin l'elettricità era bensì un fluido, ma una sostanza reale, invisibile, imponderabile, *al di là di qualunque altra più sottile forza conosciuta*. L'elettricità — diceva egli — che passa a traverso una bacchetta di ferro, può venir paragonata ad un'onda

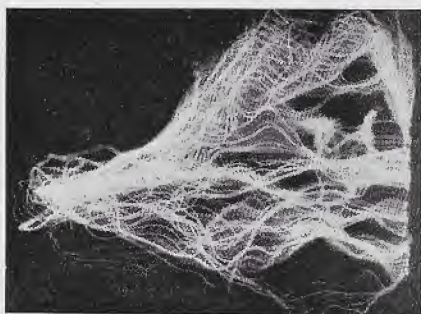
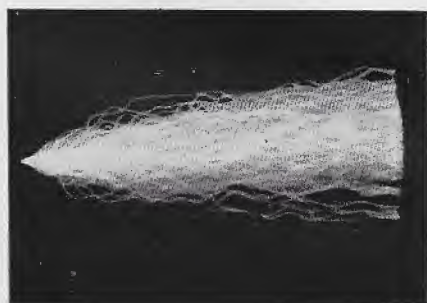
Potenza dell'elettricità.
(Un tubo di piombo forato da un corto circuito).

che traversa uno stagno a zig-zig. Da cui si vede come l'intuizione delle onde (che oggi regnano sovrane per tutti i fenomeni della luce, del suono, del calore e dell'elettricità in generale) già fosse stata afferrata dal genialissimo Franklin.

E qui ricordiamo — come piacevole divagazione — lo storico banchetto che il Maestro volle offrire agli amici nell'estate del 1748 e ch'egli stesso si divertì a raccontare nella famosa lettera già citata a Peter Collinson, che porta la data del 29 aprile 1749. Fu durante una gita di piacere sulle rive del Skuglkil che il grande fisico volle offrire agli amici lo spettacolo d'una scintilla elettrica mandata da una riva all'altra del fiume senz'altro conduttore che l'acqua. Poi Franklin annunziò agli amici che avrebbe loro offerto un intero pranzo elettrico. Lasciamo raccontare da lui stesso: « Un tacchino venne destinato a essere ucciso pel nostro pranzo da una *scarica* elettrica ed arrostito poi col mezzo di un *girarrosto elettrico*, sopra un fuoco acceso da bottiglie elettriche; mentre il brindisi alla sa-

lute degli elettricisti di tutto il mondo veniva fatto in grandi *bicchieri elettrizzati*, sotto la scarica di fucili mossi da una *batteria elettrica* ».

***

Sino dai primi suoi passi il cammino dell'elettricità fu assai rapido, come si conveniva al velocissimo fluido. La prima scintilla

(*a*) (*b*)

Scintille elettriche ottenute: (*a*) con l'interruttore elettrolitico di Wehnelt; (*b*) con l'interruttore a mercurio

elettrica venne fatta scoccare dal Du Fay al cominciare del millesettecento; nel 1745 von Kleist, un alto prelato tedesco, scopriva quella famosa bottiglia alla quale in seguito a Parigi l'abate Wollet dava il nome di « bottiglia di Leyda ». In quello stesso anno — 18 febbraio 1745 — nasceva a Como il nostro grandissimo Alessandro Volta. Cinque anni dopo Franklin inventava il parafulmine, e due anni appresso — nel 1752 — riusciva a strappare col suo cervo volante la scintilla elettrica da una nuvola che in quel momento passava sulla sua testa.

E gli studi sulla misteriosa energia che doveva diventare la regina del mondo moderno s'allargavano sempre più e quasi s'incalzavano. Il loro elenco ci sembra oggi un bollettino vittorioso di guerra. Giudicatene. Nel 1753 Canton scopre l'influenza elettrica; vengono create le prime macchine elettriche (quella del Ramsden,

del Nairne e quella, che poi Volta chiamò « magnifica », del Van Marum). Nel 1757 Wilke, con Epino, imagina un primo condensatore (poi costruito definitivamente dal Volta) e nel 1763 lo stesso Wilke l'elettroforo. Intanto si pensa a misurare l'energia nuova, ed ecco i primi studi del Coulomb e del Cavendisch. L'elettricità stava diventando la scienza del mondo. Il 16 settembre 1747 Antonio Conti scriveva a Francesco Maria Zanotti: « Pare adesso cangiarsi tutta la Filosofia e ridursi alle forze elettriche, di cui tante sono l'esperienze in tutti i paesi ». Vera lettera profetica!

Ed a questo punto dobbiamo ricordare la pagina primaria che l'Italia ha lasciata scritta in questa trionfante storia del cammino dell'elettricità. Col principio del millesettecento scrive di essa Gianfrancesco Cigna di Mondovì, che fu medico valente e fondatore, col matematico Lagrange ed Angelo Saluzzo, dell'Accademia delle Scienze di Torino. Nel 1746-1753 escono due opere storicamente famose sull'elettricità: quella di Eusebio Suardo, medico e matematico veneziano, e quella di Giovanni Battista Beccaria dal titolo *Dell'elettricità naturale ed artificiale*, ch'ebbe grande eco in tutto il mondo scientifico. Occorre ricordare che fu il Beccaria ad affermare pel primo l'identità fra l'elettricità e il magnetismo e che a lui si deve il termine *elettromagnetico*. (Come, per successione d'idee, convien ricordare che la parola « elettrico » fu usata per la prima volta dal famoso medico della regina Elisabetta d'Inghilterra, sir William Gilbert — 1540-1603 — nel suo libro *De magnete*, che fu la prima opera con carattere scientifico sul magnetismo). Pure al Beccaria si devono un'infinità di scoperte nel nuovo campo dell'elettricità, tanto che lo dobbiamo considerare degno di stare terzo col Galvani e col Volta. Tant'è vero che Franklin volle che la sua opera sull'« Elettricismo artificiale », pubblicata nel 1772 fosse ristampata in inglese perchè fosse conosciuta e studiata dagli scienziati anglo-americani.

Il Settecento — secolo così laborioso per la storia dell'elettricità — venne chiuso dalle due grandi scoperte: quella sulla rana del Galvani nel 1791 e della pila del Volta nel 1799.

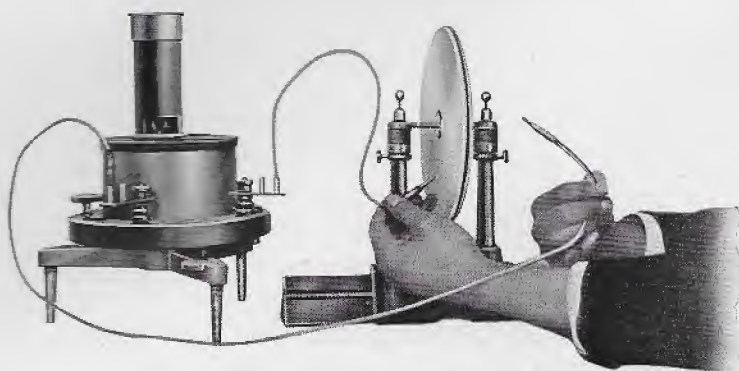
Quando nel 1791 il professore di anatomia dell'Università di Bologna Luigi Galvani credette di avere scoperto nei movimenti della rana toccata dallo scalpello anatomico di un suo di-

scepolo mentre da una macchina elettrica vicina scoccava una scintilla, una particolare *elettricità animale*, il giovane professore di Como, Alessandro Volta, scrisse una lettera all'abate Anton Maria Vassalli suo collega di fisica nell'Università di Torino nella quale accennandogli cos'egli ne pensasse di questa nuova elettricità del Galvani finiva con queste parole: « Per me sono convinto da un pezzo che tutta l'azione procede originariamente dai metalli combacianti un corpo umido qualunque o l'acqua stessa: in vista del quale combaciamento *viene spinto avanti il fluido elettrico* in esso corpo od acqueo dai metalli medesimi... onde indotta una comunicazione non interrotta di acconci conduttori è tratto esso fluido in *un continuo giro* ». La lettera porta la data del Dicembre 1793 e in essa sono due annunci: che il concetto della pila già era nella mente del grande comasco, e quello della scoperta del fenomeno che doveva trasformare in meno di un secolo tutte le nostre abitudini di vita sociale e abolire le distanze sulla terra. Il fluido *in continuo giro* è la corrente elettrica!

Come si sa l'annuncio della costruzione della sua famosa pila a *corona di tazze* fu data dal Volta in una storica sua lettera a sir Joseph Bank, presidente della Reale Società di Londra, che porta la data da Como del 20 marzo 1800. Poco tempo dopo egli ripeteva le sue esperienze davanti all'Accademia delle Scienze di Parigi, e alla fine della seduta si alzò un accademico per proporre che al grande fisico italiano venisse conferita la medaglia d'oro. Quest'accademico si chiamava Napoleone Bonaparte.

Così cominciava il secolo milleottocento: il secolo dell'elettricità. E cominciava con la più grande scoperta, dovuta ad un italiano. Quando, il 19 settembre 1927, Guglielmo Marconi commemorò solennemente in Campidoglio il nostro grande fisico, iniziò il suo discorso con queste parole che vanno conservate: « Per questa celebrazione, io vorrei avere la parola alata di un poeta, perchè la vita e l'opera di Volta ispirano, non solo un'ammirazione infinita, ma anche una grande poesia. Quale argomento, infatti, più suggestivo e più grandioso di quello rappresentato dalle successive trasformazioni ed applicazioni della corrente elettrica creata dal grande Comasco? Quale argomento più grandioso di quello rappresentato dalle molteplici applicazioni dell'elettricità, che oggi servono al trasporto

dei popoli, al trasporto dell'energia, alla trasmissione del pensiero, alla trasmissione della parola, a quella delle immagini, allo sviluppo della luce, del calore, alle trasformazioni chimiche, alla cura degli ammalati e al rigoglio dei campi? Le successive applicazioni dell'elettrotecnica sviluppate dopo l'invenzione di Volta, hanno innalzato l'uomo, hanno reso le manifestazioni dell'opera sua pari a quelle meravigliose della natura ».

Nel seguito di questo suo storico discorso Marconi disse pure: « L'opera di Alessandro Volta, anche senza l'invenzione della pila,

La figura a sinistra rappresenta un galvanometro (misuratore di corrente) a specchio. Quella a destra un condensatore piano.

(dal *Pohl*).

sarebbe già grandiosa in se stessa per le scoperte fatte nella teoria dell'attività elettrica... Ma con l'invenzione della pila, ch'egli chiamò « apparato elettro-motore » e con la creazione del primo circuito elettrico a corrente continua, Volta *ha assunto il diritto alla gloriosa paternità della elettro-dinamica* ».

Tutte le scoperte del Volta, precedenti quella della pila, aprono, anche se dirette in campi diversi, un orizzonte decisivo alla scienza moderna, tracciando genialmente i primi passi e aprendo le vie agli illustri fisici stranieri sotto i cui nomi corrono oggi le scoperte intuite e additate pel primo dal nostro Alessandro Volta.

Basta accennarle: le ricerche sul *metano*, ossia gas delle paludi, da cui egli ebbe l'idea per la costruzione della prima lampada a

gas, l'*eudiometro* col quale Volta fece — dieci anni prima di Lavoisier — la sintesi dell'acqua e da cui uscirono le famose leggi di Gay Lussac, l'ipotesi di Avogadro e persino la teoria elettrica della materia. Augusto Righi ci ricorda che il Volta, dieci anni prima, come dicemmo, di Gay Lussac, studiò l'aria dimostrando che il volume è funzione della temperatura e determinando la celebre costante di dilatazione. Le prime ricerche sulla meteorologia elettrica, sui condensatori, si debbono a Volta: fu egli anzi che pel primo introdusse questo nome di *condensatore*. Quando il famoso Coulomb dichiarò che l'elettricità aveva ormai dette le sue ultime parole, Volta presenta i suoi studi sul « potenziale » aprendo nuove vie da esplorare. Che altro? lo stesso nome di *corrente elettrica* fu introdotto da Alessandro Volta!

18 febbraio 1745 - 5 marzo 1827, ottantadue anni e quindici giorni di vita: quasi un secolo di ininterrotta attività laboriosa che dovrà mutare le conoscenze e le potenze scientifiche del mondo moderno! Vale seguirne sopra queste pagine i grandi passi. Prima d'ogni altra la scoperta, come dicemmo, del *metàno* (1776), che lo conduce all'invenzione della sua pistola e dell'*eudiometro*. Contemporaneamente rende pubbliche le due sue prime memorie sulla « forza elettrica » nelle quali si trovano i primi germi delle future scoperte. Concepisce il *condensatore* (1780) e inventa l'*elettroforo* ed *elettro-motore* (1792-1799), che sono i progenitori di tutte le macchine elettrostatiche a moltiplicazione di cariche per induzione. Scrive la famosa lettera nella quale, annunziando l'invenzione della sua « pistola elettrica » esprime la *possibilità di farla sparare a Milano mediante un filo tra Como e questa città con la scarica di una bottiglia di Leyda*. Ma non basta: dice anche del ritorno della corrente a mezzo del Naviglio e del Lago di Como! E presenta un disegno che resterà storico, perchè in esso si vede l'idea della prima linea telegrafica e del trasporto di energia a distanza!... Seguono altri studi aerologici, e definisce per la prima volta il concetto di « potenziale elettrico » per cui oggi si chiama *Volt* l'unità di forza elettromotrice.

Siamo verso il 1792. Continua gli studi sul condensatore e analizza le prime esperienze galvaniche come abbiamo ricordato, si occupa della meteorologia elettrica e dà lancio alla elettrometria. In-

venta l'*elettroscopio-condensatore*, col quale potè moltiplicare fortemente la sensibilità dei primi elettroscopi. Getta le basi di tutta la moderna elettrostatica scoprendo la conduttività delle fiamme e la produzione di elettricità per evaporazione.

E perveniamo così alla famosa polemica galvanica che si conchiude con la grande invenzione della pila. Quest'ultimo periodo va dal 1779 al 1800. È il frutto di otto anni di ricerche rigorose, durante le quali enuncia le sue « teorie di contatto » e la « legge delle tensioni ». Sono esse che lo hanno portato all'invenzione della classica pila a colonna e di quella a corona di tazze. Data da questa invenzione capitale la produzione della *corrente elettrica continua*.

Ci ha detto ancòra Marconi: « Le moderne teorie elettroniche sembrano confermare pienamente le teorie espresse dal Volta. I moderni sistemi di misura, come ha dimostrato di recente il prof. Corbino, ci dicono che l'opera del Volta sulla teoria del contatto appare illuminata da una intuizione geniale e divinatrice ».

Gli ultimi anni della vita del nostro Grande furono dedicati ad approfondire e divulgare la teoria della pila, nel modificarne la forma, nell'applicare l'energia elettrica all'elettrolisi ed all'incandescenza dei metalli. E chiuse il suo lavoro con quella memoria sulla identità del fluido elettrico del Galvani, memoria che passò per molto tempo come opera d'altri (del suo successore a Pavia, Consigliacchi) ma che fu restituita ad Alessandro Volta dalle ricerche dell'eminente studioso Achille Ratti, oggi capo della cristianità, *Pio XI*.

Tale fu il grandissimo nostro Alessandro Volta. Comincia da lui il meraviglioso ascendere delle scoperte che da Faraday a Maxwell, da Hertz al nostro Righi, hanno dato, si può dire all'umanità d'oggi un aspetto nuovo. L'interruzione e la variazione della « corrente continua » ci hanno rivelato fenomeni inaspettati i quali, passo passo ci han condotti all'induzione elettro-magnetica a corrente alternata, alle oscillazioni elettriche ed alle onde elettriche le cui meraviglie il lettore che ci seguirà potrà vedere nei capitoli che seguono. L'applicazione delle onde elettriche, in particolar modo, ci ha riportato oggi allo studio dell'elettricità libera negli spazi, come la scoperta de' piccolissimi granuli elementari dei quali è costituito il fluido elettrico — l'*elettrone* del quale tra poco discorreremo —

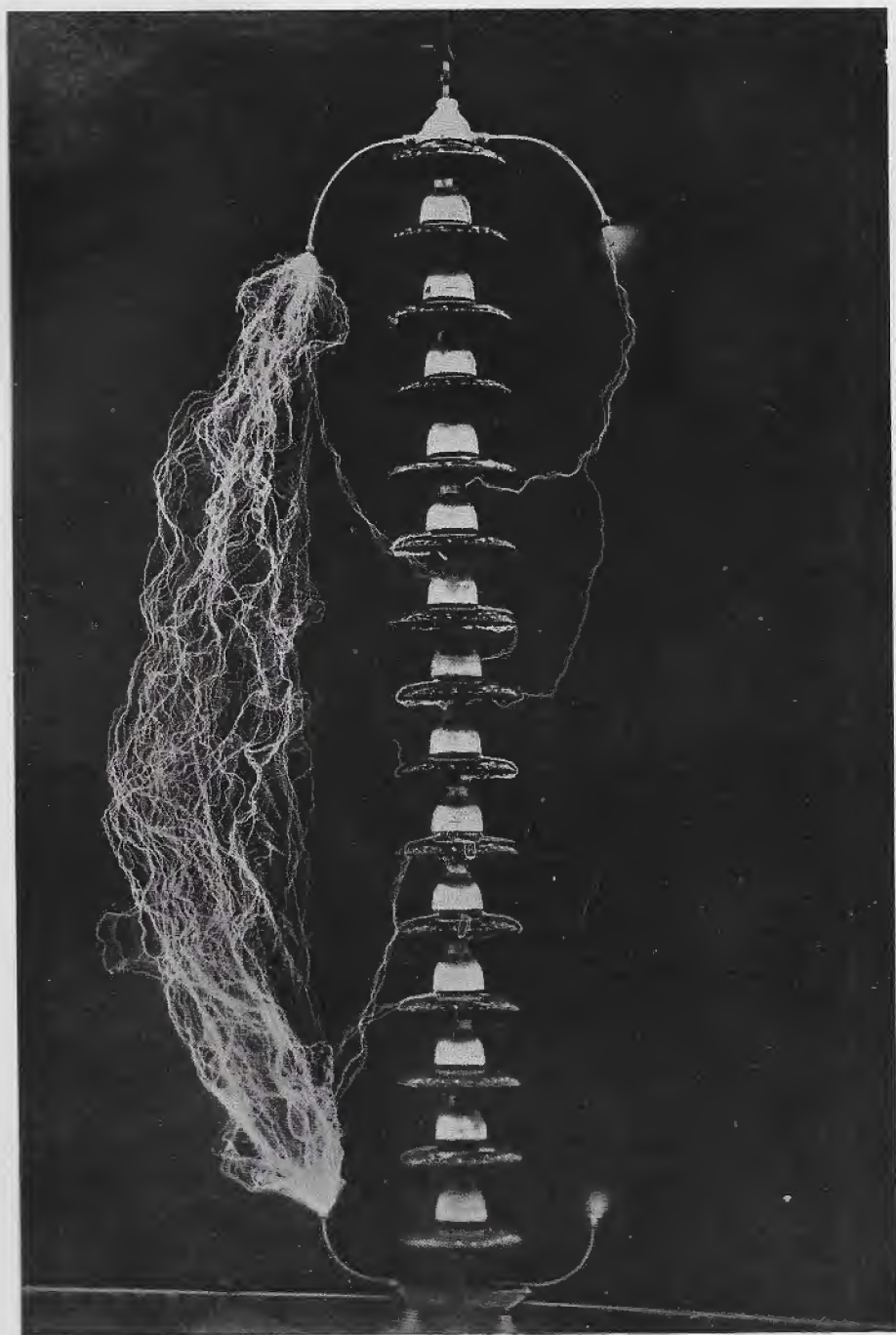
ci ha dato un concetto affatto nuovo del come la materia è formata. Tutte le vecchie teorie sull'atomismo ne sono state rivoluzionate, e per opera del Bohr, del Plank e del grandissimo e vivente Rutherford una nuova meccanica è sorta, quella ondulatoria. Siamo all'inizio di un'êra nuova: quella di profonde trasformazioni scientifiche nel mondo fisico.

E pure... ci conviene essere modesti. Ce l'ha detto Guglielmo Marconi. Di fronte ai grandi misteri della natura, che le nuove meravigliose scoperte ci fanno scorgere sotto più viva luce ma che non ci sanno spiegare, la nostra mente novamente si sperde, obbligandoci a riconoscere la nostra meschina ambizione di fronte alla loro sempre più ignorata grandezza. *Ancòra oggi* — ci ha detto Marconi nel suo già da noi citato discorso su Volta del settembre 1927 in Campidoglio — *noi non sappiamo che cosa veramente sia l'elettricità.*

***

Il ventennio che seguì — aprendo il secolo decimonono — dopo la grande epoca voltiana fu un periodo di stasi, giustificato dalle guerre napoleoniche e dal conturbamento politico europeo che seguì. Ma doveva seguirlo un nuovo ventennio ricco di scoperte importantissime. Bastano i nomi a ricordarle: Ampère, Oerstedt, Biot, Savart, Seebeck, Peltier, Faraday, Weber e Joule.

Nel 1820 Oerstedt collega l'elettricità al calore, e Faraday studia l'elettricità applicata al moto. Sorge la teoria dell'*etere* con Maxwel, e Faraday lancia le prime ipotesi su l'*elettrone.*

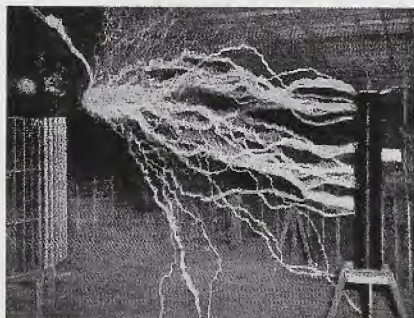
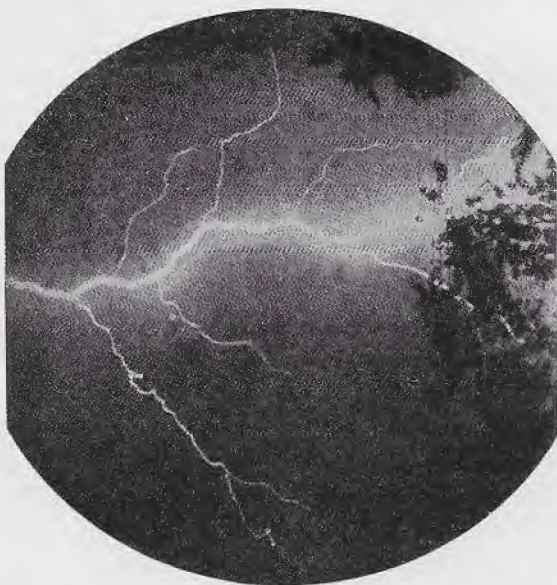
Weber intuisce la teoria atomica dell'elettricità. Nel 1831 Faraday scopre l'induzione elettro-magnetica e stabilisce l'intimo legame fra l'elettricità e il magnetismo. Nel 1833 sempre Faraday fa la grande scoperta della valenza determinata dell'elettricità aderente a ciascun atomo, che doveva condurre alla moderna teoria atomica dell'elettricità. Nel 1873 James Clerk Maxwell pubblica il suo libro su l'*Elettricità e il magnetismo* che resta classico, e l'anno dopo l'irlandese Stoney comunica al Congresso della *Britisch Association* in Belfast i suoi studi su « l'atomo elettrico » che considera come « una delle tre unità fondamentali della natura fisica » con la velocità della luce e la costanza della gravitazione.

Scintilla elettrica prodotta da 380.000 Volt.

Sono del 1879 i famosi esperimenti del Crookes con i tubi che portano il suo nome, sebbene in realtà essi sieno dovuti ad un meccanico di Bonn, certo Geissler, che nel 1855 ne scoperse le proprietà senz'oltre occuparsi della cosa. William Crookes li riprese in esame e pervenne a scoprirne le singolari virtù, scoperse il *fascio catodico* che porta il suo nome, che doveva aprire orizzonti nuovi sulla costituzione della materia, insieme con i *raggi x* di Röntgen, e che condussero Becquerel dapprima ed i coniugi Curie poi alla scoperta del radio e della radioattività.

Seguono le ricerche sull'elettro-chimica. Ecco gli studi di Hifford, Clausins, Kohllrausch, ed Arrhenius, Ostwald e Werst, che costruiscono nel campo chimico l'edifizio della *ionizzazione*. La moderna teoria dell'elettricità si va delineando a grandi sprazzi di luce. Lord Kelvin (Thomson) col Maxwel getta le basi verso il 1881 dell'odierna energia elettrica, seguito dal grande Hertz che stabilisce il « limite finito » della propagazione elettrica e ne calcola la velocità uguale a quella della luce, nel 1888. Cominciano da questi giorni gli studi appassionati sopra i corpi dielettrici, come condensatori di *onde* elettro-magnetiche che dovevano condurre alla trionfante scoperta della telegrafia senza fili.

Verso il finire del 1895 i giornali di tutto il mondo recavano una strabiliante notizia: un professore di Würzburg aveva scoperto certi raggi portentosi capaci di attraversare il corpo umano, facendone scorgere intèro, come un'ombra lo scheletro. Questo professore si chiama Wilhelm Konrad Röntgen, insegnava fisica nella storica Università di Würzburg: egli aveva ottenuta la meravigliosa scoperta con i tubi del Geissler. Erano i famosi *raggi x*... Da quel giorno è nata la *radioscopia*.

L'anno dopo un'altra grande scoperta correva il mondo. Nel 1896 il prof. Enrico Becquerel, dell'Istituto di Parigi, annunciava la scoperta di un fenomeno di capitale importanza: la radiazione dell'uranio. E le scoperte si seguirono rapidamente. Il prof. Rutherford — che udimmo parlare a Como nel centenario del nostro Volta — estese la teoria crepuscolare all'elettricità atmosferica. I coniugi Curie scopersero il *radium* e dimostrarono ch'esso emette senza interruzione calore e corpuscoli carichi di elettricità. Il « corpuscolo » elettrico ritornò in onore: lord Kelvin lo chiamò *elet-*

I

2

3

(1-2) Le potenti scintille elettriche ottenute dal Tesla col suo grande trasformatore ad alta tensione. — (3) La più grande bobina di Nicolò Tesla.

(*Urania*, Berlino — Fot. *Willinger*).

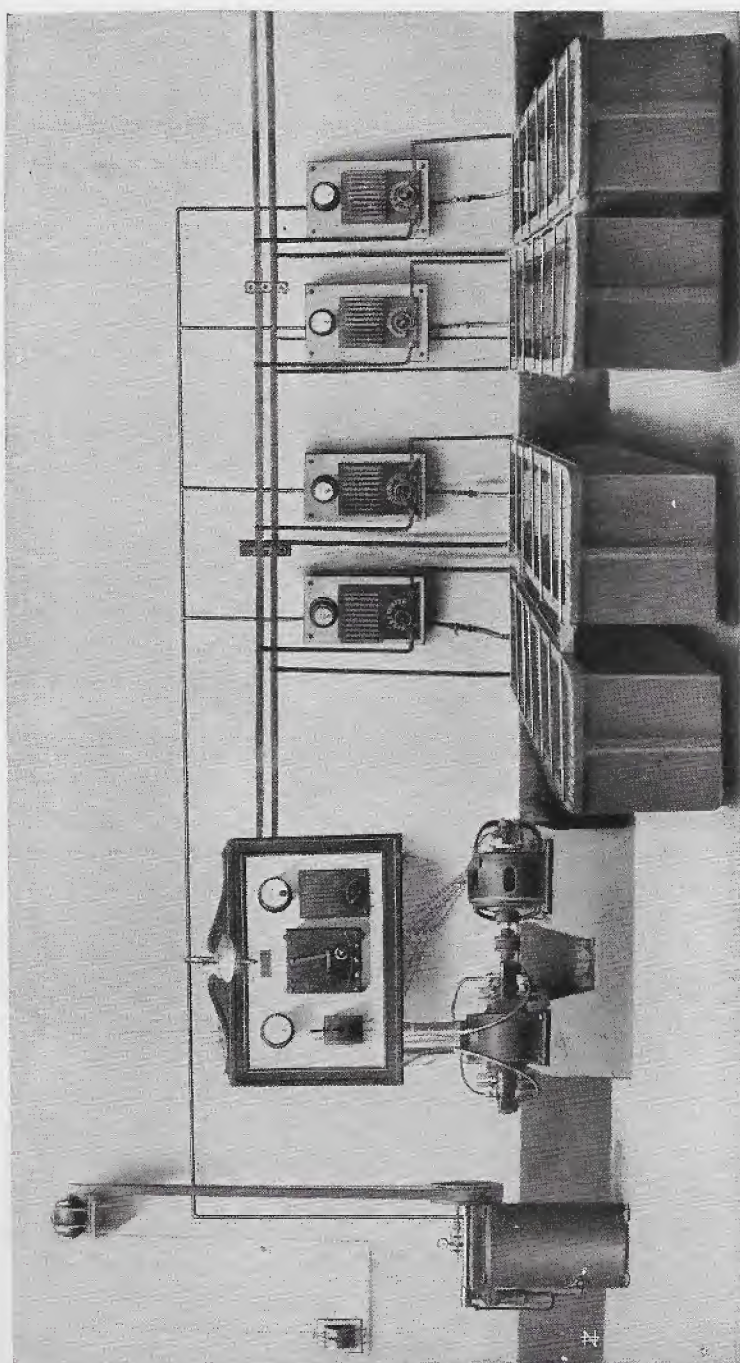
trione, ma Sohuston Stoney nel 1874 lo chiamò *elettrone*, e tale rimase per noi d'oggi. Una falange di scienziati ne investigarono le proprietà. E l'*elettrone* finì per diventare il riconosciuto sovrano della nuova scienza dell'elettrofisica.

Così si chiuse — con la conquista del fluido che tutto ci porta a credere universale ma che ancòra non ci ha detta la sua ultima parola — il grandioso, scientificamente, secolo decimonono. Nel quale sono quattro epoche ben caratterizzate da avvenimenti d'importanza decisiva nella storia della scienza dell'elettricità. E sono gli anni 1820, 1833, 1888 e 1896. Conviene ricordarli. Nel 1820 le scienze gemelle dell'elettro-magnetismo e della elettricità dinamica sorsero con Oerstedt, Ampère, Biot e Savart. Nel 1833 Faraday le collegava alla chimica. Nel 1888 Hertz vi unì l'etere ed elevò sovrana la teoria di Maxwell. E finalmente nel 1896 la teoria dell'*elettrone* veniva ufficialmente riconosciuta sopra tutte le altre, delle quali formò l'apice e il compimento.

L'edifizio della elettrofisica moderna fu in tal modo innalzato. Le fondamenta sembrano solidamente impostate: che cosa ci riserberà il suo progredire?... Lo abbiamo detto: non siamo che al principio di una grande nuova êra in tutte le nostre conoscenze scientifiche e nell'interpretazione delle forze che agiscono non solo sulla terra ma in tutto l'universo.

E ci piace chiudere questa rapida rassegna dell'ascesa della moderna teoria elettrica con le parole che il grande fisico inglese Sohustone Stoney disse nel settembre del 1906: « La posizione presente della scienza è stata raggiunta con lento progresso ed è ragionevole sperare che i nostri successori progrediranno sempre, *poichè anche per la scienza non si scorge alcun limite possibile* ».

***

Ed eccoci di fronte alla moderna teoria elettronica che ci dice: l'elettricità è tutto, il nostro corpo, la luce che c'illumina, il suono che per noi vibra, il pensiero che ci solleva in alto, il sangue che ci anima, l'universo che intorno a noi si muove non è che elettricità. Da Maxwell a Lord Kelvin, da Hertz a Righi, che hanno reso possibile la produzione delle onde elettromagnetiche e ne hanno pro-

Impianto completo di galvanoplastica.

vata l'assoluta analogia con le onde luminose, con tutti gli ultimi venuti e non meno grandi e geniali costruttori di questa nuova concezione della vita universale, tutti ripetono che ogni cosa è, dentro e intorno a noi, elettricità. La luce è l'*elettricità che si vede* e l'elettricità è *la luce che non si vede*. La materia, i corpi, la natura intera con le sue magiche luci e le sue vibrazioni, è il grande regno dell'elettricità. Ed il sovrano ne è l'*elettrone*.

Fu Svante Augusto Arrhenius, di Vijk presso Upsala, professore di fisica a Stoccolma, morto nell'ottobre del 1927, che aperse lo sbocco alla grande via per la quale doveva passare trionfante la nuova concezione della natura elettrica delle cose tutte. Egli con la scoperta della teoria della *dissociazione elettrolitica* dette modo a Faraday di dedurne le conseguenti leggi.

Se noi tentiamo far passare una corrente elettrica in un bacino di acqua pura non vi riusciamo perchè l'acqua non è conduttrice dell'elettricità : ma se in essa sciogliamo della soda caustica, dell'acido cloridrico, od altro acido o sale, la soluzione diventa *elettrolitica*, e cioè conduttrice. Cos'è avvenuto? Questo : la soluzione, sotto l'influsso della corrente, si è decomposta in particelle cariche di elettricità. Faraday chiamò queste particelle *ioni*. Ed *elettrolisi* è appunto il fenomeno di decomposizione della nostra soluzione acquosa al passaggio della corrente elettrica. Ora, tanto l'Arrhenius che il Faraday fecero questa grande scoperta : che sono appunto questi *ioni*, o particelle cariche di elettricità, che *portano* la corrente da un polo all'altro nella vasca. Essi videro che questi ioni, durante tutto il tempo che scorre la corrente, ossia durante l'elettrolisi, si muovevano in direzione opposta, recando quindi con loro, come abbiamo detto, la corrente stessa. Ne fu spiegata la ragione : durante la corrente il metallo o l'idrogeno che formano l'acido o il sale (detti *base)* disciolti nell'acqua si liberano al polo negativo o *catodo*, mentre il resto della sostanza formante le molecole corre verso l'altro polo, che fu detto *elettropodo*, e che viene ad essere l'opposto polo positivo o *anodo*.

Il fatto è importantissimo, perchè ci ha dato modo di scoprire le due parti che costituiscono ogni molecola; due parti che si manifestano separate e fornite di cariche elettriche, e che sono gli *ioni*. Di queste due parti quella che si dirige all'elettropodo negativo fu

detto *catione*, e *anione* l'altro diretto al polo positivo. E fu anche notato che questa *dissociazione* nelle molecole del liquido è tanto maggiore quanto più la soluzione è diluita. E ne venne la legge fondamentale dell'elettrolisi che dice come la dissociazione delle molecole delle sostanze diluite sia *completa* a diluizione infinita, legge puramente teorica, si comprende, perchè i nostri mezzi naturali non ci permettono d'ottenere una diluizione infinita. Anche nei gas avviene questo fenomeno: sotto l'influenza della corrente elettrica pure in essi s'originano delle particelle, che sarebbero gli *ioni gassosi*.

Abbiamo detto come questa scoperta dell'elettrolisi abbia una importanza capitale. Difatti essa ci ha portati a questa conclusione: *che la materia deve essere tutta costituita da particelle elettrizzate.*

Intanto i fisici moderni osservano come ogni particella delle sostanze diluite nella vasca (idrogeno, ossigeno, cloro, argento ed altre) è legata ad una e sempre uguale quantità di elettricità, che può essere positiva (per i *cationi*) e negativa (per gli *anioni*). Ed allora Helmholtz, nel 1881, intuì la più grande scoperta nel mondo dell'elettricità moderna: *anche l'elettricità* — egli ci disse — *dev'essere suddivisa in atomi*. Ed ecco la teoria moderna che sorge. L'elettricità, al pari di ogni e qualsiasi altra sostanza che conosciamo, ha « struttura atomica » e cioè è formata di piccole porzioni ben definite e indivise; essa si comporta sempre tal'e quale come gli atomi chimici, e cioè come le particelle del cloro, dell'idrogeno, dell'ossigeno che abbiamo veduto durante l'elettrolisi nella vasca. Ma allora l'elettricità è ancor essa un corpo, è *materia*, che si può dividere in parti, e cioè in atomi.

Bisogna qui dire che questa concezione dell'elettricità non fu, in un primo tempo, accettata con unanime favore dai fisici. Essi ne furono più che altro disorientati. Occorre tener presente che sino allora dominava un altro concetto: quello di Maxwell. Questi partiva da un altro punto di vista: si basava su l'*etere*, che è la famosa sostanza continua e imponderabile la quale dovrebbe riempire tutto l'universo. Ora Maxwell opinava che i fenomeni elettrici dovevano essere speciali « deformazioni » di questo *etere*. Ma ecco a superare ogni dubbio e contrarietà venire nel 1892 H. A. Lorentz, il grande matematico e fisico morto da poco, nel 1928. Egli è il creatore della nuova *teoria elettronica*.

Lorentz divise le azioni elettriche sotto due aspetti: quelle che avvengono *entro* i corpi, e quelle che si manifestano *a distanza*. Le prime devono essere spiegate con la teoria atomistica dell'elettricità come dicemmo, le seconde, seguendo l'idea del Maxwell, con l'opera dell'etere, e cioè ammettendo che ogni atomo elettrico si trovi in stretto collegamento con questo etere circostante, sì da produrre in esso le *perturbazioni* intuite dal Maxwell, le quali si propagherebbero con la grandissima velocità della luce, dando così origine alle azioni a distanza.

Raffigurazione schematica di « ioni » (dal *Pohl*).

L'elettricità dunque, secondo le ultime vedute, si può considerare come *materia*, formata come ogni altra da un complesso di atomi. E questi atomi elettrici sono gli *elettroni*.

***

Eccoci dunque al famoso *elettrone*, il sovrano riconosciuto del mondo fisico moderno. Che cos'è l'elettrone? È il più piccolo corpo elettrizzato suscettibile di esistere isolatamente — ci risponde il fisico d'oggi.

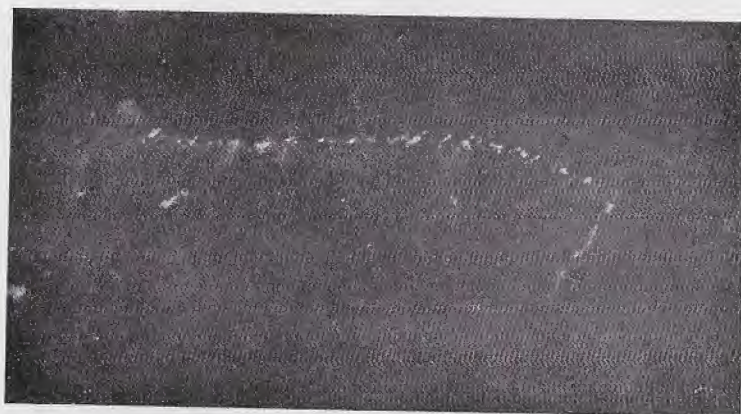
Entriamo allora nel regno dell'elettrone e vediamone le meraviglie. Diciamo intanto che la fisica moderna lo ha accolto fra gli atomi degli elementi chimici già conosciuti come un elemento nuovo; anzi come due elementi nuovi, che sono l'elettrone positivo e quello negativo. S'era veduto che la proprietà fondamentale dell'elettrone nel suo insieme, proprietà che lo faceva distinguere dalla materia comune, era quella di respingere un altro elettrone, invece di attrarlo, come fanno due particelle di materia. Se un elettrone — ci diceva Fournier d'Albe nella sua *Contemporary Electrical Science* — viene disposto nel vuoto alla distanza di un centimetro da un

altro elettrone lo respinge con la forza di un *quadrilionesimo* di libbra inglese (che vale ognuna Kg. 0,4536).

Ora, dopo gli studi nei tubi Geissler, dopo la scoperta delle irradiazioni del radio, tutte cose che ritroveremo nel capitolo che segue, se n'è compresa la ragione. Ed ecco che cosa si sa finora di questo così importante piccolo atomo elettrico. L'elettrone costituisce l'elemento fondamentale, o primordiale, di tutte le sostanze che formano i corpi materiali. Ora tutte queste sostanze conosciute son composte, ne' loro infimi elementi, di atomi di elettricità positiva e negativa. Sono questi i due piccolissimi elementi che formano insieme l'elettrone. Ma questi due elementi si possono isolare: e allora si ha l'elettrone propriamente detto che è l'atomo di elettricità positiva, ed il *protone* che sarebbe quello della negativa. Sono due dunque, ripetiamolo, gli elementi che costituiscono l'elettrone. Ora, mentre s'è potuto isolare e conoscere libero l'elettrone negativo, il quale in tutte le esperienze ci appare mobile, non si conosce il *protone,* o l'elettrone positivo, isolato e libero. Poichè esso ci si mostra legato sempre alla piccola massa dell'atomo materiale, intorno al quale sembra girare seguendo un'orbita chiusa.

L'elettrone negativo sarebbe perciò un corpuscolo — estremamente piccolo come vedremo fra poco — fornito della elementare, o primissima, carica elettrica. Esso ci appare animato da un continuo movimento di traslazione uguale a quello delle molecole di tutti i gas, come furono studiati nella teoria cinetica dei gas. Ora quello che va notato è che si deve appunto a questi movimenti dell'elettrone e del protone se essi rimangono distinti, il primo per il suo movimento di traslazione, il secondo pel proprio moto di rivoluzione intorno all'atomo materiale. È questo fatto che ha fatto pensare ad un mondo planetario in miniatura: i *protoni* sarebbero i pianeti, mentre gli elettroni positivi si potrebbero paragonare alle comete ed agli asteroidi continuamente vaganti intorno ad essi. Ma di questo raffronto — tra l'ultra-microscopico mondo molecolare e il grande sistema planetario quale ci appare nelle notti stellate — dovremo a suo luogo dare al nostro lettore un quadro più completo.

Ma esistono davvero questi elettroni, o sono un'ipotesi puramente teorica? — qualche nostro lettore sarà tentato di chiederci. Esistono davvero: tanto che si possono vedere, sentire, misurare ed

anche fotografare. È stato ingegnoso il modo ideato per poterli vedere: accanto ad una sostanza radioattiva — lanciatrice di elettroni velocissimi — fu posto uno schermo di solfuro di zinco. Osservando con una buona lente si *vede* l'urto degli elettroni contro lo schermo come tante scintille, giacchè si produce il fenomeno delle scintillazioni che fu studiato dal Rutherford. Per udirli la cosa è un poco più complicata. Occorre un telefono ordinario e collegarlo con un circuito elettrico per mezzo di un amplificatore a lampade di quelli

Fotografia del Wilson che mostra la traiettoria segnata sulla lastra fotografica da un elettrone.

(dal *Graetz*).

usati per la radiotelefonia, circuito che viene spezzato da una camera cilindrica di ionizzazione aperta in alto e collegata con la parete al circuito. L'altro estremo di questo circuito è una punta di metallo non in contatto col circuito. Avvicinando una sostanza radioattiva avviene questo: un elettrone entra nel cilindro e viene udito un colpo al telefono. Cos'è avvenuto? L'aria che si trova nella camera di ionizzazione viene resa per un attimo conduttrice, una corrente istantanea percorre il circuito, e appare come un rapido pennacchio tra il cilindro e la punta di metallo.

Infine gli elettroni si possono fotografare mediante un dispositivo ingegnosissimo dovuto al fisico Wilson, il quale si servì di un recipiente di vetro pieno di vapore acqueo nel quale introdusse un pezzetto di radio. Le irradiazioni del radio ionizzano l'aria origi-

nando una fuga di ioni gassosi. Raffreddando improvvisamente il gas contenuto nel recipiente il vapore si condensa sugli ioni, producendo sottili fili di nebbia, che sono le traiettorie dei raggi *alfa* dei radio, de' quali presto parleremo. Illuminando il recipiente si possono fotografare questi fili di nebbia.

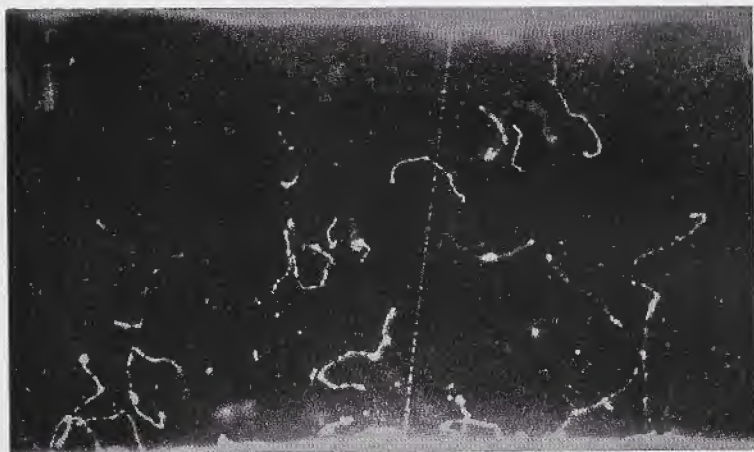
A proposito di queste fotografie degli atomi ottenute da T. R.

Fotografia di atomi di elio che attraversano il nostro campo visivo. *(Se ne parla nel testo).*

(Fot. *Wilson*, da *Eddington*.)

Wilson mediante il vapor acqueo (il quale rende visibile il *percorso* compiuto dagli elettroni sulla lastra perchè si condensa sovra questa traccia rendendola visibile) A. S. Eddington nel suo bel libro *Stars and Atoms*, scritto con ammirevole semplicità e chiarezza, ci fa alcune osservazioni che ci piace riportare.

Il lettore osservi la nostra figura: è la fotografia di tre o quattro atomi di *elio*, scaricati a grandissima velocità da una sostanza

radioattiva, che si sono « precipitati » attraverso il campo visivo producendo le lunghe tracce rettilinee. Ecco il ragionamento che ci fa Eddington: « Osservate la macchia che si trova a sinistra in alto. È l'impressione del pollice della mano dell'operatore che ha toccata la lastra. Le linee bianche e diritte segnano il cammino di tre atomi di elio, i quali lanciati a grandisisma velocità sono passati

Movimento degli elettroni nell'atomo.
(Se ne parla nel testo).

(Fot. *Wilson*, da *Eddington*)

attraverso il nostro campo visivo. Se voi mi dite che la macchia in alto a sinistra è il pollice dell'uomo io vi posso dire che le righe bianche *sono* gli atomi dell'elio. Ma la macchia non è il pollice, essa è la *traccia del pollice*. Così io debbo dirvi che le linee bianche e diritte *non sono* gli atomi dell'elio, ma il *segno rimasto* e per noi visibile del passaggio velocissimo dell'atomo di elio davanti ai nostri occhi, o campo visivo. Quindi occorre tener bene presente che tutte queste fotografie non sono *le fotografie degli atomi e degli elettroni*, ma l'*impressione* rimasta sulla lastra del rapidissimo passaggio dell'atomo o elettrone ».

Con questi criteri possiamo ora quindi esaminare quest'altra fotografia presa dal Wilson e riprodotta da Eddington. Osservar bene

la bianca lineetta diritta che corre dall'alto in basso della fotografia. È la traccia di un atomo che ha preso una rincorsa rapidissima. Questa lineetta rivela il vapor acqueo impiegato da Wilson per fermarla sulla lastra. Difatti osservandola bene la si vede formata di tanti piccoli punti, che altro non sono che le goccioline del vapor acqueo.

Fili di nebbia condensati sopra *ioni* che indicano la traiettoria dei raggi *alfa* emanati dal radio.

(dal *Graetz*).

È interessante sapere come la scoperta dei *fili di nebbia* abbia dato una nuova spiegazione della formazione della nebbia sulla terra. Un raffreddamento di aria umida fa condensare il vapore acqueo: si formano delle goccioline di nebbia, e non bollicine come prima si credeva, le quali sono favorite, oltre che dalle varie impurità dell'aria, sopratutto dagli *ioni* che sono nell'atmosfera. Sono questi i *nuclei* di condensazione, intorno ai quali si forma la nebbia per l'abbassamento della temperatura.

Interessante è pure quest'altro metodo fotografico. Se portiamo un granello di sostanza radioattiva sopra una lastra fotografica, i raggi X compiono una traiettoria attraverso lo strato di gelatina della lastra ionizzando le molecole di bromuro d'argento che incontrano. Sviluppando la lastra si ottiene la visione data dalla nostra figura.

Al lettore che sopra ciò volesse saperne di più consigliamo i due bei trattati del Graetz e del Pohl e l'opera di A. S. Eddington della quale abbiamo parlato ([1]).

([1]) Vedi nota bibliografica in fondo al libro.

*
* *

Sarebbero dunque, dicemmo, gli elettroni i costituenti fondamentali della materia. Ecco come ci spiega la cosa la teoria elettronica. Quando un protone si unisce con un elettrone forma subito la più semplice combinazione del mondo materiale: l'atomo neutro dell'idrogeno. Difatti sappiamo che l'idrogeno è stato considerato sempre come il corpo gassoso più leggero di tutti, tanto che fu preso come unità di misura per i pesi atomici. Ma le combinazioni tra pro-

Traiettorie di elettroni liberati dai raggi X.

(dal *Pohl*).

toni ed elettroni sono svariatissime, forse infinite e ad esse corrispondono altrettanti atomi di sostanze materiali. Possiamo quindi dire, con altre parole, che mediante sempre nuove combinazioni, in proporzioni fisse, di protoni ed elettroni, si hanno gli atomi di tutti i corpi elementari da noi conosciuti. Aumentando il numero dei protoni ed elettroni che entrano in combinazione il corpo che ne deriva diventa vieppiù complesso. Così la molecola dell'uranio è la più ricca di elettroni perchè ne ha 92, mentre quella dell'idrogeno, che come vedemmo ne ha due soltanto, è la più elementare. Ma qui occorre intender bene una cosa: parlando di questi numeri si deve intendere *di carica elettrica*. Così dicendo che l'uranio ha 92 elettroni

dobbiamo intendere ch'esso possiede una « carica elettrica » di 92 elettroni, mentre quella dell'idrogeno è solamente di due.

Il protone viene in tal modo, nella nuova concezione, a costituire il primo gradino nella scala dei pesi atomici, portando il numero 1. L'elettrone vale la 1835ª parte di quella dell'atomo monovalente dell'idrogeno. Un atomo di *elio* ha quattro protoni, e così via.

Quindi possiamo concludere: gli elementi primordiali che costituiscono la materia sono secondo la teoria elettronica, gli atomi di elettricità positiva e negativa, e cioè i protoni e gli elettroni. L'atomismo moderno non riconosce più che solo due sostanze *reali* o propriamente dette, che sono gli atomi dell'elettricità positiva e della negativa. *Tutte le sostanze materiali sono nei loro più intimi elementi formate da queste due specie di particelle costituite.* (Pohl).

Ed ora invitiamo il nostro lettore ad entrare con noi in un mondo che a prima vista gli sembrerà molto trascendentale. Ma gliene spiegheremo poi le ragioni.

Abbiamo detto che all'elettrone viene attribuita una massa, e quindi un peso: ch'esso corrisponde, come massa, alla 1835ª parte (altri adoperano la 1845ª) di quella dell'idrogeno, e che fu valutata a 9×10^{-28} grammi. Risolvendo questa facile formola si ottiene una frazione del peso del grammo che ha come numeratore 9 e come denominatore 10 seguito da 28 zeri, che possiamo leggere così: *nove decimilaquadrilionesimi* di grammo! Il suo raggio è dato da $1,8 \times 10^{-13}$ cm. che dà parimenti una frazione piccolissima di centimetro.

Per illustrare questo rapporto il Graetz ci dà un chiaro esempio. Dato il raggio della terra — egli ci dice — in circa 6350 chilometri se noi imaginiamo ingrandito un atomo d'idrogeno tanto da occupare l'intero volume della terra, il raggio dell'elettrone sarebbe di soli 120 metri, e l'elettrone corrisponderebbe verso la massa della terra, alla dimensione di una cattedrale e non più. Quindi, come la mole di questa è del tutto trascurabile di fronte a quella della terra, così l'elettrone è *infinitesimo* rispetto all'atomo più leggero, e cioè a quello tipico dell'idrogeno.

Come il lettore vede si tratterebbe di dimensioni che sfuggono alla nostra valutazione mentale. Ma c'è un fatto. Parlando di massa

e di peso di un elettrone non bisogna intendere un peso nè una massa *reale*, ma sempre un *rapporto* con l'elemento preso come il più leggero che, c'è noto, è l'idrogeno. Sono quindi misure *relative*, come del resto già era per tutti i pesi atomici. Ma per l'elettrone c'è qualcosa di più che obbliga il fisico moderno a dirci ch'esso possiede soltanto una massa *apparente* e non materiale.

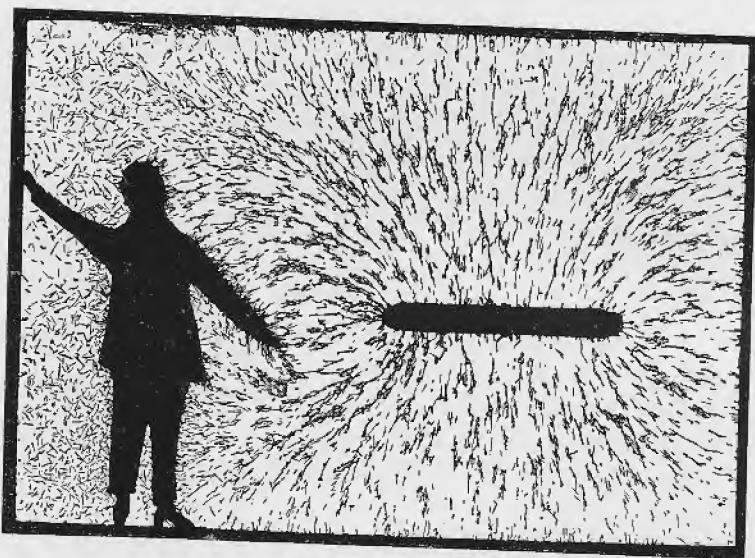
E qui s'entra in una delicatissima constatazione che ci porta a conseguenze che a prima vista possono apparire paradossali. In realtà dunque l'elettrone non avrebbe nessuna massa nè quindi alcun peso: eppure s'è indotti ad attribuirgli una massa ed un peso, che, in mancanza di altro nome più appropriato che per ora non esiste, dobbiamo chiamare *apparente*. E ciò perchè questa massa non gli vien data, come per tutti i corpi materiali, dalla gravità ma dalle azioni magnetiche della sua carica elettrica in moto nell'etere circostante.

Se il lettore ci segue nel breve ragionamento che faremo per spiegare il fatto, riuscirà a comprendere la ragione di questa che parrebbe contraddizione. Il concetto della massa e del peso viene a noi dato dalla gravità che, come vedemmo, attira tutti i corpi sulla terra. Sappiamo pure che se un corpo si trova in quiete relativa occorre una forza per metterlo in movimento: come pure quand'esso è in moto occorre un'altra forza (che è l'attrito) per rimetterlo in quiete, altrimenti continuerebbe a muoversi indefinitamente. E ciò chiamasi *inerzia*. Ora l'elettrone si muove: la forza che lo ha messo in moto è la carica elettrica, la quale con l'elettrone in movimento costituisce una corrente. Faraday ha scoperto che quando si stabilisce una corrente, e cioè l'elettrone si mette in moto, il campo magnetico (che presto conosceremo) che si stabilisce nell'etere circostante, origina una così detta *extra-corrente* che si oppone alla principale. All'elettrone occorre quindi una certa forza per mettersi in moto. Se interrompiamo la corrente l'elettrone dovrebbe subito fermarsi; ma non lo fa perchè ha luogo un'altra extra-corrente che tende a mantenere la prima corrente. L'elettrone continua perciò nel moto che gli ha dato l'impulso, anche quando la forza che lo ha messo in movimento è cessata. Ora se confrontate questi fatti con quelli che si producono per il corpo soggetto alla gravità, messo in moto e orientato, vedrete che si corrispondono. Vuol dire che anche l'elettrone possiede un'inerzia: e la possiede per effetto della sua carica.

Sebbene sfornito completamente di massa nel senso materiale degli altri corpi, si comporta però nello stesso modo. Vuol dire che possiede in sè qualcosa che corrisponde alla massa dei corpi: e questo qualcosa è quello che noi abbiamo dovuto chiamare massa *apparente*. Insomma si tratta di una massa *sui generis*, la cui concezione parrebbe tutta teorica e speculativa — il che ci rimette nella trascendentalità di questi fenomeni così delicati nel mistero delle forze fisiche a noi nuove. Poichè, ripetiamolo con altre parole ancòra più semplici, l'elettrone materialmente non ha massa nè peso: ma non si può mettere in movimento cosa che non ha corpo e che, in questo senso, non esiste. Eppure la carica per agire come forza di spinta per mettere in moto l'elettrone deve bene *urtare*, diciamo pure, sopra qualcosa: ed è così che va concepita la massa elettromagnetica.

Linee radiali simmetriche di forza elettrica uscenti da una sfera.
(dal *Pohl*).

Altre delicate e curiose indagini sono state fatte. La massa apparente della carica elettrica è tanto *maggiore* quanto *minore* è il volume posseduto dalla carica stessa. Ma c'è di più. Gli studi del Kaufmann sulle radiazioni del radio e dell'Abraham ci hanno detto una cosa sorprendente. Questa massa dell'elettrone dunque non è costante: essa cresce con la velocità dell'elettrone, sino a diventare teoricamente *infinita* quando avesse raggiunto la velocità della luce (300.000 chilometri al minuto secondo). Fu valutato questo aumento della massa dell'elettrone in rapporto alla sua velocità considerata come frazione di quella della luce. Così quando la sua velocità è un decimo di quella della luce, la massa dell'elettrone (par-

tendo da quella di base che abbiamo data a pag. 131) diventa 1,01, per due decimi è 1,02, per tre decimi 1,05; per salire sempre: a *nove decimi* è già 2,29 ed a 998 millesimi della velocità della luce arriva a 15,82.... Come si vede la massa dell'elettrone aumenta molto rapidamente, man mano che s'accosta alla formidabile velocità della

Linee di forza elettrica fra un cosidetto « conduttore » e l'ambiente circostante. Si osservi la loro variazione dovuta al moto dello sperimentatore.

(dal *Pohl*).

quale è animata la luce la quale, come dovremo vedere in seguito, è la massima che si conosca.

Ora la meccanica classica non potrebbe dare nessuna interpretazione a questo fatto che, lo si noti, è risultato sperimentalmente. Come ci osserva il Pohl, una massa il cui valore numerico cresce con la velocità è dal punto di vista puramente meccanico addirittura paradossale. Bisogna metterci in un altro ordine d'idee: l'interpretazione elettrica di questi nuovi fatti, che sembrano distruggere i postulati più ragionevoli della vecchia fisica, ci dice ch'essa ci sta trasportando veramente in un mondo nuovo d'idee e di concetti.

E la cosa ci dice pure che dobbiamo cominciare, sopratutto, a

persuaderci di una grande verità: che noi viviamo in un piccolo mondo limitato e chiuso nelle brevi linee coordinate che regolano il nostro còmpito strettamente vitale e dalle quali non possiamo uscire, e che per troppo tempo ci siamo lusingati che tutto il resto dell'universo fosse rinchiuso con noi in questo limite angusto. Ma non è così: fuori di noi è un grande mondo a parte, dove le dimensioni, il tempo, il modo di essere, hanno certamente proporzioni e forme del tutto diverse da quelle che nel nostro piccolo mondo conosciamo. E nel quale la nostra logica, il nostro raziocinio, frutto di un lungo tradizionale corso d'idee, non regge più. Constatazione che sulle prime ci lascia disorientati....

Nel caso dei fatti intorno ai quali ora stiamo discorrendo suonano giuste queste parole di R. W. Pohl, l'illustre professore di fisica moderna all'Università di Gottinga: « Al profano (*di questi nuovi studi*) i fenomeni meccanici della vita quotidiana costituiscono evidenti e sensibili cose familiari. Egli cerca di rendersi ragione dei fenomeni fisici per mezzo di imagini e paragoni meccanici. Ma la fisica moderna sotto la pressione dei fatti reali ha dovuto seguire la via opposta. Ad essa i fenomeni meccanici appariscono come qualcosa di secondario che in ultima linea occorre interpretare *elettricamente*, e cioè mediante campi elettrici ed atomi elettrici ».

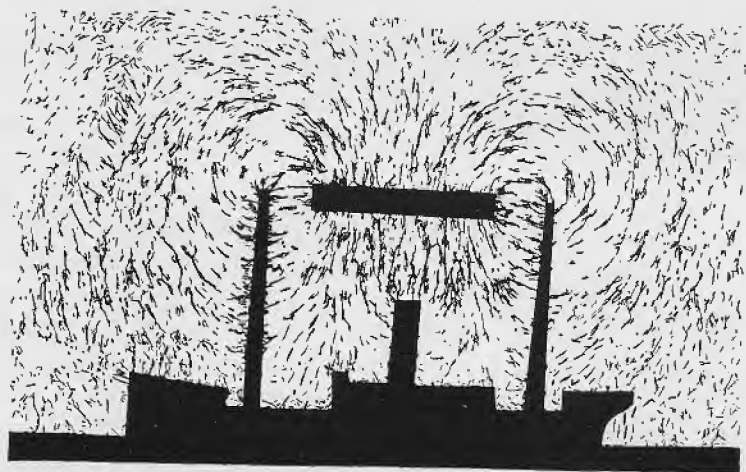
Il nostro lettore può vedere tutta la verità di queste parole nella interpretazione che dell'essenza fisica dell'elettrone — di questo piccolo atomo di forza sino a ieri a noi ignoto — ci stanno dando le menti veramente geniali dei nostri scienziati moderni. Piccolo atomo forse ancòra in gran parte ignoto, ma nel quale fors'anche sta rinchiuso tutto il meccanismo della vita universale.

⁂

Anche le scoperte nel campo elettro-magnetico ci presentano concetti affatto nuovi.

Le regioni dello spazio nel quale sono sensibili le azioni di una o più masse elettriche costituiscono un *campo elettrico*. Possiamo quindi definire campo elettrico tutto lo spazio che circonda un sistema elettrizzato, fin dove si esercita la sua azione. Così pure, considerando le particolari proprietà del ferro calamitato ed i feno-

meni che ne derivano — attrazione del ferro e dell'acciaio, orientamento terrestre, azione fra i poli della calamita, induzione magnetica, inseparabilità dei poli del magnete — diremo ch'esiste pure un *campo magnetico*.

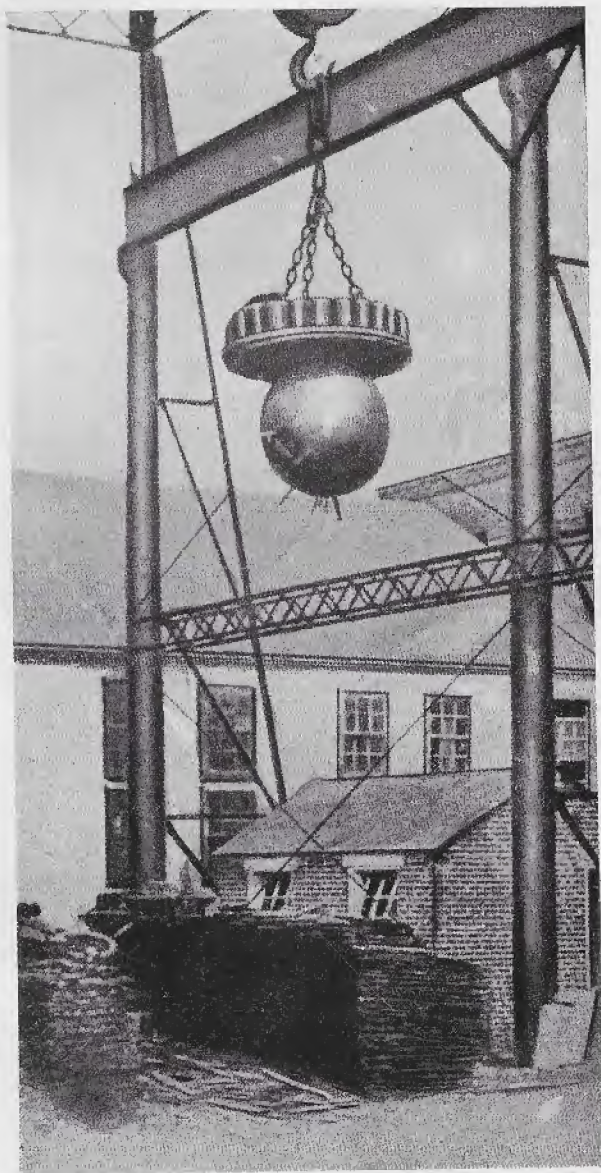
Ora la nuova fisica c'insegna molte cose singolari. Un « campo elettrico » ed un « campo magnetico » possono sovrapporsi nello stesso spazio senza agire in nessun modo l'uno sull'altro. Difatti un

Linee di forza elettrica fra l'antenna e lo scafo della nave.

(dal *Pohl*).

corpo elettrizzato immobile non esercita alcuna azione sopra le masse magnetiche. E viceversa.

Ma — e questo è un fatto nuovo che ci presenta la nuova teoria elettrica — una corrente elettrica genera intorno un *campo magnetico*. E sarebbe questo quello che fu chiamato il campo *elettromagnetico*.

Di questi campi si può determinare la direzione imaginando la traiettoria che descriverebbe una massa di elettricità positiva presa come unità, la quale partendo da un punto qualunque del campo e libera di muoversi, lo percorresse. E queste traiettorie, puramente ideali e cioè teoriche, sono le *linee di forza*.

Studiando questi due campi — e cioè tanto quello elettrico che

Un potente magnete di 1250 mm. che solleva una bomba inesplosa.

il magnetico — si scopersero alcuni fatti caratteristici. Nel campo elettrico si osservò che al termine di ognuna delle « linee del campo » si trovano delle sostanze elettriche, e cioè singoli atomi di elettricità di segno opposto, che sono poi le cariche elettriche. Mentre invece nel campo magnetico si venne ad una singolare constatazione: che le relative *linee di forza magnetiche* non hanno alcuna fine nè principio, e non esistono quindi neppure degli *atomi di magnetismo*.

La conclusione è importante, perchè questi fatti ci dicono che le sostanze magnetiche sono assolutamente diverse da quelle elettriche. Ma c'è qualcosa di più. Mentre le *linee di forza* elettriche possono far migrare gli *atomi elettrici* da un corpo all'altro — e sarebbe quello che costituisce la « corrente di conduzione » — questo fatto non avviene mai nel campo magnetico. Per cui s'è venuti nella convinzione di considerare queste linee di forza del campo magnetico come *linee chiuse su sè stesse*.

Eppure un legame fra i due campi elettrici deve, in realtà, esistere. E fors'anche molto più intimo che non sappiamo. Ce lo ha detto il Maxwell. Studiando i fenomeni dell'induzione e quello della tensione delle « correnti di conduzione » egli è venuto nella convinzione che debbono esistere fra i due campi, elettrico e magnetico, « concatenamenti assai stretti e caratteristici ».

Ecco un nuovo enimma tuttora da studiare e da risolvere.

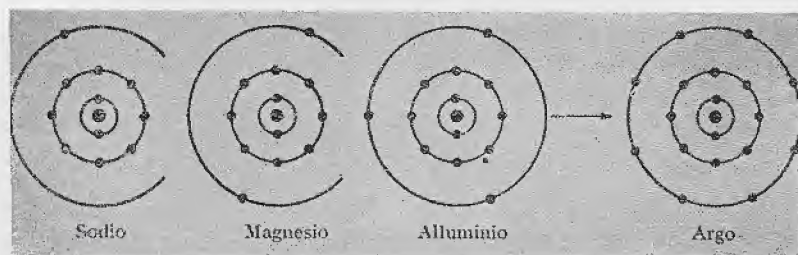
⁂

Interessante è lo studio del magnete naturale, o calamita. Tutti la conosciamo. Ma possiamo anche costruire un magnete artificiale senza ferro, avvolgendo un filo sopra un cilindro e facendo passare nel suo interno una corrente.

In che consiste l'intima costituzione di un magnete? Notando il fatto che quando un magnete naturale viene diviso in parti, anche piccolissime, ciascun frammento viene a costituire un magnete completo, il celebre Ampère stabilì che ogni magnete si può considerare come costituito da innumerevoli piccoli magneti di dimensione — si noti bene — molecolari. Ora sapendo che una corrente elettrica ne attira o ne respinge un'altra a seconda della sua direzione, Ampère imaginò che ciascuna molecola della « sostanza magnetica »

fosse avvolta da una corrente elettrica. Ma egli credeva ancòra che l'elettricità fosse un fluido imponderabile.... quindi non seppe dare alcuna spiegazione alla costituzione di questa corrente misteriosa.

La scoperta degli elettroni ha data un'interpretazione a quello che per il grande Ampère fu un problema insolubile. La forza magnetica sarebbe dovuta al movimento uniforme degli elettroni lungo la loro piccola orbita che conosciamo. Con questa teoria si spiegherebbero tutte le proprietà magnetiche dei corpi.

Premesso, ora, che per « magnetismo » noi dobbiamo inten-

Meccanica molecolare.
(Il movimento orbitale degli atomi).

dere quella proprietà dei corpi per cui essi esercitano una forza *magnetica* senza che alcuna corrente elettrica, da noi percettibile, li percorra od avvolga, seguendo il professore Langevin di Parigi possiamo spiegarci in questo modo l'intimo meccanismo del magnete. Gli atomi di tutti i corpi sono circondati da parecchi elettroni che percorrono delle orbite intorno ad essi, come, dicemmo, i pianeti intorno al sole. Ora, se queste orbite sono contenute tutte nello stesso piano — com'è nel sistema solare — tutti i corpi e le sostanze sono magnetici (con termine tecnico *paramagnetici*). E sono fra questi l'aria, l'azoto, l'ossigeno; e, fra i metalli, l'alluminio ed il platino, nonchè l'ebanite. Se inoltre le orbite percorse dagli elettroni sono abbastanza ampie da potersi influenzare l'una con l'altra, e quindi reciprocamente attraverso la « sostanza media » che come avremo in seguito occasione di dire supponiamo che separino gli atomi, i corpi sono « ferromagnetici » come il ferro, il nichelio ed il cobalto.

Ma se invece queste orbite di elettroni che ruotano intorno allo stesso atomo giacciono in piani differenti, i corpi non sono più magnetici. E vengono allora chiamati *diamagnetici*. Sono fra questi l'idrogeno, l'acqua, il rame, il vetro, il sale di cucina, il benzolo, il bismuto.

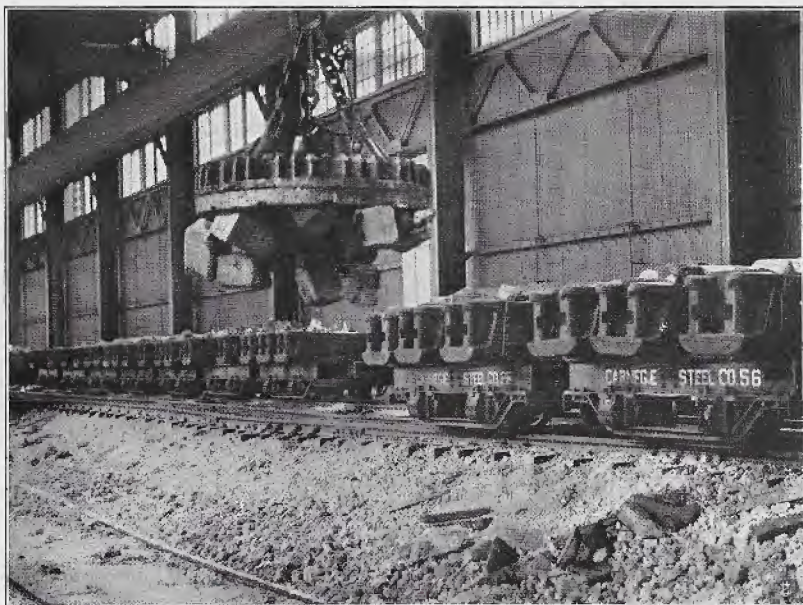
Concludendo dunque, un magnete permanente — ci dice Langevin — è un corpo paramagnetico in cui le orbite della maggioranza degli elettroni sono collocate in piani paralleli, che compiono le loro rivoluzioni nello stesso senso. E questo parallelismo viene mantenuto dalla reciproca attrazione delle orbite stesse.

Questo principio ha rivoluzionato tutte le vecchie idee sul magnetismo. In effetto non esisterebbe quindi più nessun *fluido magnetico*, nè *magnetismo libero*, come non esisterebbero neppure più poli magnetici. Quella che fu, in un tempo ancòra a noi molto vicino, una *entità a sè* scompare. Tutto rientra nel moto uniforme degli elettroni.

Come si vede il vero padrone del mondo elettrico d'oggi è, ripetiamolo ancòra una volta, l'elettrone e anima di ogni cosa è il suo movimento. L'energia elettrica, il misterioso fenomeno della calamita, non è che moto elettronico. Ce lo fissa ufficialmente il Lenz nella sua classica ormai *legge d'induzione*: « Una corrente va considerata come *moto* degli atomi di elettricità. Aumento della corrente significa accelerazione, diminuzione della corrente vuol dire decelerazione degli elettroni ».

Ed a proposito d'induzione è interessantissimo conoscere una conseguenza matematica che realizzata potrebbe apparire al solito paradossale. Ricordiamo intanto che l'*induzione elettrica* è l'azione a distanza di un corpo elettrizzato sopra un corpo che si trova allo stato naturale, il quale in tal modo viene elettrizzato per influenza, ossia quindi per induzione. Le leggi dell'induzione ci dicono ch'è possibile ottenere, mediante un corpo elettrizzato, l'elettrizzazione di segno uguale o contrario (e cioè positiva o negativa) in uno o più — in numero illimitato — conduttori, vale a dire corpi elettrizzabili. Ora la legge di Lenz su riferita ci dice che il campo elettrico *indotto* è sempre diretto in modo da *rallentare* il movimento che produce l'induzione. Matematicamente ne viene che *mutando il segno* a quello determinato da questa legge, un moto *iniziale* producente l'induzione *crescerebbe all'infinito*.

Ed ecco la conseguenza pratica: che *dal nulla* si potrebbe ricavare un'energia e quindi un lavoro... Dal lato teorico il fatto è molto importante, perchè servirebbe a dimostrare il famoso principio della conservazione dell'energia.

Il lettore sa che cos'è in fisica l'*energia:* l'attitudine a compiere

Un vagone ferroviario carico di ferramenta viene scaricato mediante una potente elettro-calamita.

un lavoro. E certamente conoscerà la classica legge dell'energia: che cioè essa può passare attraverso a tutte le possibili trasformazioni senza esaurirsi mai.

Il lettore un po' profano a questi ragionamenti sottili potrebbe muoverci una domanda: ma non possono essere, coteste, tutte belle fantasie dei signori fisici, astrazioni matematiche, interessanti giochetti mentali, insomma, degli scienziati?...

Non lo sono.

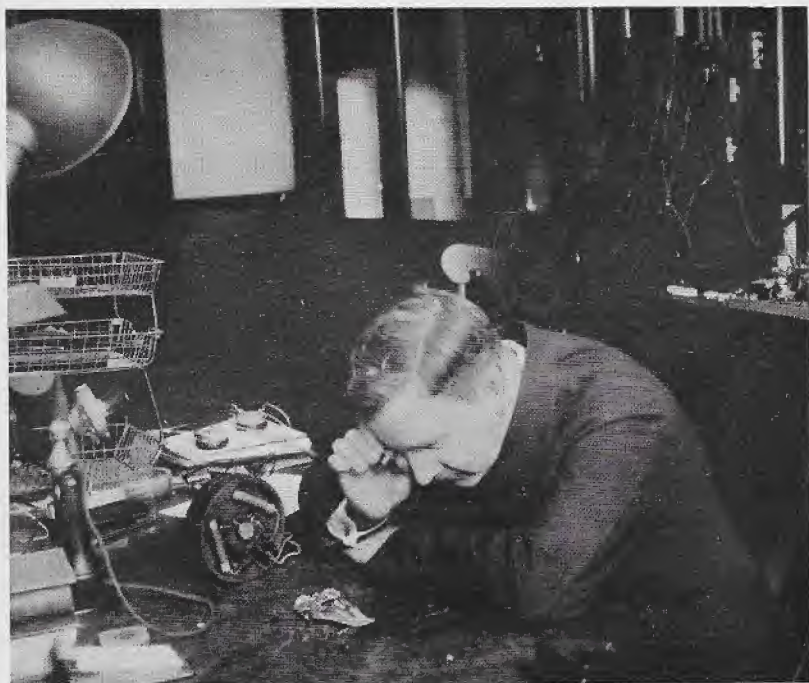
Tanto è vero che dobbiamo proprio a queste fantasie, a queste astrazioni matematiche, come possono sembrare al suddetto lettore profano ai ragionamenti sottili, se oggi egli può, attraverso i mari, comunicare con gli amici lontani con una sola ondata elettrica senz'alcun filo, se vede illuminata a giorno la propria casa, se può sentire la voce delle persone a lui care da una città all'altra, se può mandar loro un saluto da una parte del mondo all'altra.

Quando nel 1825 William Sturgeon, già ignoto calzolaio e poi soldato, attratto dagli studi elettro-magnetici finì per inventare l'elettro-calamita, che potè allora parere un grazioso giocattolo scientifico, apriva una grande strada: quella che doveva poi condurre alle nostre dinamo e al motore elettrico! Quando nel 1831 il fisico-matematico Faraday scopriva le leggi dell'induzione elettromagnetica della quale abbiamo parlato, gettava le basi dell'impiego dell'etere alla propagazione dell'energia elettrica, dando modo sessant'anni dopo (verso il 1890) ad Enrico Hertz di provocare nell'etere quello squilibrio elettromagnetico speciale, con l'emissione delle onde che portano il suo nome, fondamento dei fenomeni che avvengono in tutti i sistemi oggi applicati in radiotelegrafia e radiotelefonia, che dettero i mezzi al genio del nostro Guglielmo Marconi di rendere pratiche le segnalazioni senza fili a grande distanza.

E fu un fisico molto fantasioso quanto osservatore quello che contemplando il sole il quale attraverso lo spazio manda a noi con la luce e il calore l'alito della vita pensò che parimenti le onde elettromagnetiche si trasmettono attraverso lo spazio con la stessa grandiosa velocità della luce, e rese possibile ad altri fantasiosi di genio il trasporto dell'energia senza bisogno di fili conduttori, aprendoci tutto un nuovo orizzonte di forze.

Poichè nella genialità dello scienziato che indaga e scopre i grandi secreti del mondo ignoto ch'è intorno a noi è qualcosa, sempre, del sognatore e dell'artista. Senza una fervida, illuminata fantasia, disciplinata dallo studio e abituata alle sottigliezze analitiche che solo può dare la matematica, ben poche scoperte si sarebbero fatte. L'uomo chiuso nelle rigide catene del suo sapere tradizionale, apprese solamente sui libri, che non vede un palmo più in là di quelle quattro o cinque massime di sapienza che gli furono insegnate a scuola, ci

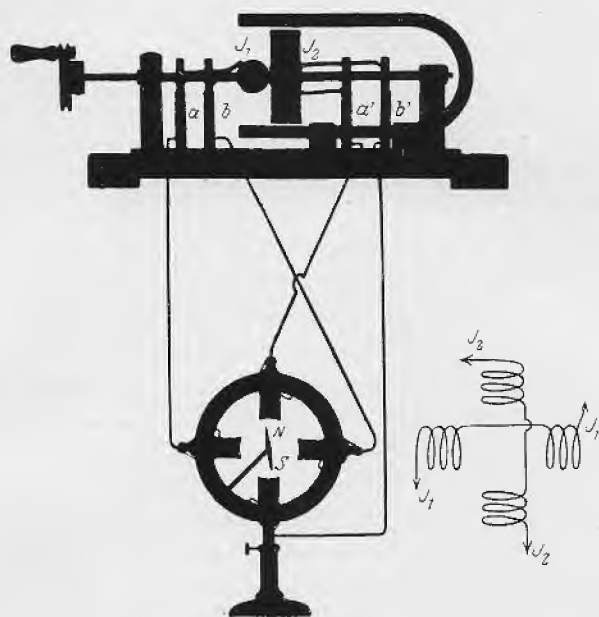
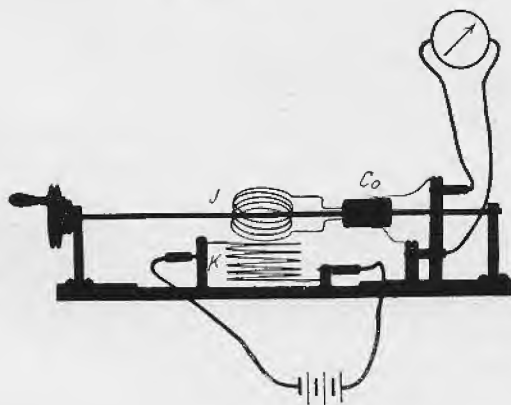
fa pensare a quei dotti parrucconi che non volevano a nessun costo mettere gli occhi sopra la lente del cannocchiale di Galileo per timore di vedervi dentro cose che non erano scritte sopra i loro vecchi libracci ai quali, e solo, si doveva credere ciecamente.

Quando il nostro grandissimo Galileo Ferraris parlava di convogliare da lontanissimi posti il suo *flusso di energia* per generare

Lo scienziato, nel silenzio del suo gabinetto, scopritore di nuove energie...
(F. Thomas che studia gli effetti delle onde hertziane su gl'insetti, col suo ultramicroscopio).

un campo magnetico rotante fu, da molti suoi dotti colleghi, chiamato un poeta. E pure stava studiando il modo di darci una delle più geniali applicazioni pratiche di questa forza universale che oggi mette in moto le grandi officine di tutto il mondo e crea il lavoro e la ricchezza delle nazioni!

Ma c'è di più.

Un giovanissimo, quasi ancòra un ragazzo, l'appena ventenne Antonio Pacinotti, tutto preso da quelle che il nostro lettore un poco profano avrebbe chiamato astrazioni, costruì, per sè stesso, nella sua Pisa, una curiosa macchinetta, la prima « macchinetta elettro-magnetica a elettro-calamita trasversale ». Ebbene, sapete come egli stesso definì questo suo « divertimento » che doveva portarlo poi all'*anello* famoso che forma oggi la sua gloria e la ricchezza di tanti? *Sogni!* Difatti questa è la parola ch'egli scrisse sulla copertina di un suo quaderno giovanile, nel quale man mano andava annotando i resultati delle sue speculazioni. In questo prezioso cimelio del grande Pacinotti si trovano segnate una quantità di quasi ignorate sue invenzioni, v'è tutta la genesi del suo anello famoso, e — come fu detto — quasi l'atto di nascita delle moderne potentissime dinamo.

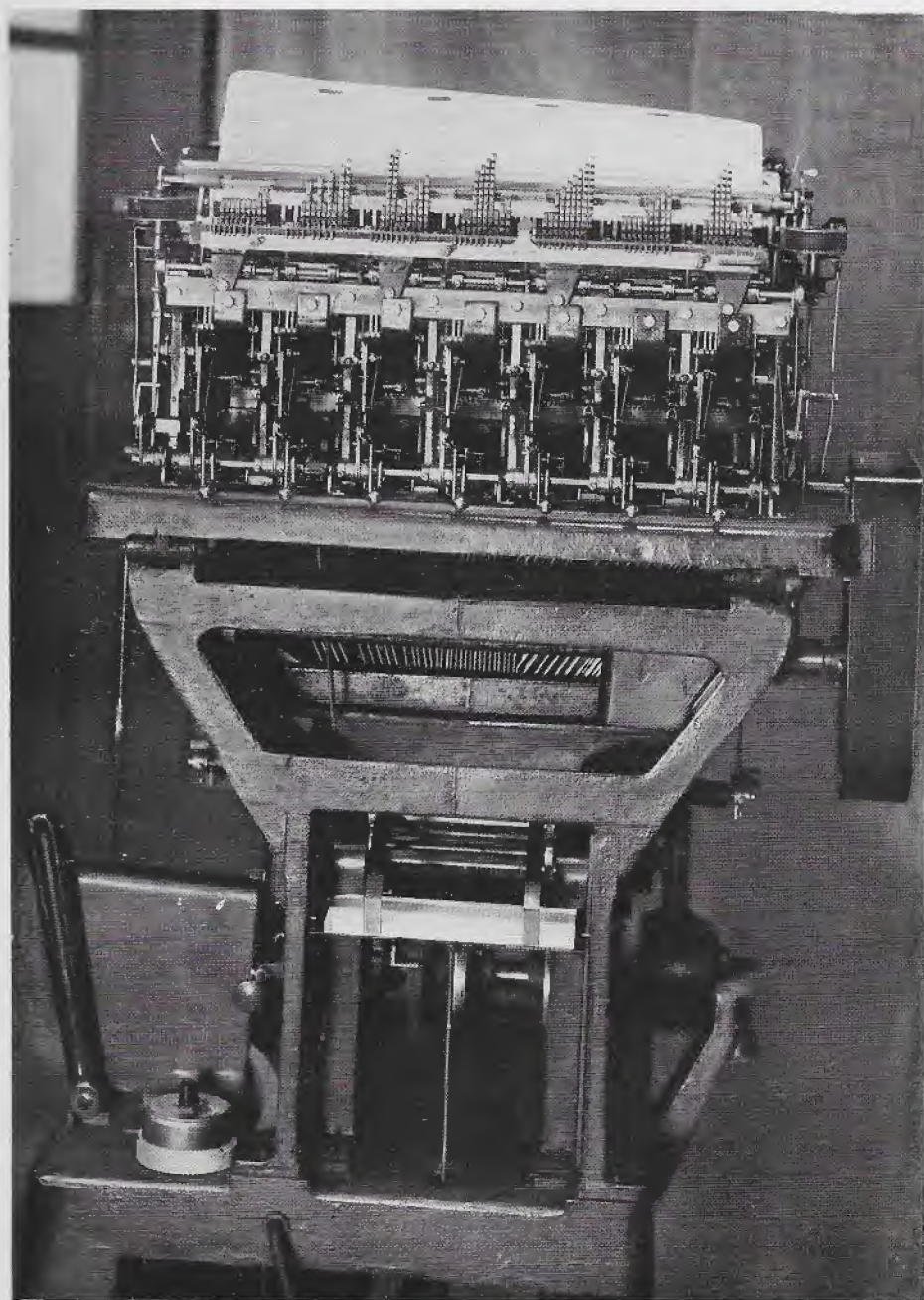
Ma tanta fu la modestia e la semplicità di questo genialissimo scienziato nostro, che se non fosse stato Galileo Ferraris a rivendicare a lui, nel 1877, la paternità della dinamo elettrica a corrente continua, essa oggi passerebbe come opera di un altro, un francese! In questo nostro libro italiano merita rievocare intèra questa significantissima storia italiana... Quando nel 1865 il giovanissimo Pacinotti si recò a Parigi per trovare chi lo aiutasse a lanciare la sua invenzione ne parlò, nelle Officine Froment, all'ingegnere Demoulin ed al capotecnico Gramme, ma non ottenne che delle buone parole. Qualche anno dopo una grande notizia correva sui giornali: Zenobio Gramme aveva presentato all'Accademia delle Scienze di Parigi una macchina dinamo-elettrica a corrente continua, una grande invenzione! Era quella di Pacinotti, della quale il Gramme aveva preso il brevetto intestato al proprio nome. Ma fu rivendicato. Anzitutto da Galileo Ferraris, come già abbiamo detto, che lo chiamò in quell'occasione *maestro*, e nel 1881 dal prof. Govi, delegato dal Governo italiano, al Congresso Internazionale degli Ingegneri tenutosi a Parigi. Anche il Pacinotti si recò in quell'occasione a Parigi, e il cardinale Maffi — che fu grande amico del poi senatore Antonio Pacinotti — conserva del grande e modestissimo uomo una lettera (pubblicata da F. Scarpelli) che va fatta conoscere nella sua integrità perchè ci dice quanta semplicità albergasse lo spirito di questo autentico genio scientifico.

1. Schema di un generatore a campo rotante bifase con motore a campo rotante con magnete permanente. 2. Schema di una dinamo (generatore a corrente continua).

(Dal *Pohl*).

« *Parigi, 24 settembre 1881.*

« Carissimo Babbo,

« I giornali che ho inviato le avranno già fatto supporre il mio felice arrivo qua, ma è bene che glielo confermi esplicitamente con la presente. Appena giunto me ne andai a dormire in una cameruccia di un albergo vicino alla stazione. Poi al Palazzo dell'Esposizione, dal Rossetti, dal Govi, che è Commissario, e da altri italiani e inglesi ricevetti le più festose e lusinghiere accoglienze. Ieri sera vi fu un'adunanza della Società degli ingegneri telegrafici ed elettricisti di Londra, nella gran sala delle Conferenze tutta illuminata elettricamente, e la sala era piena d'invitati. Dopo una lettura inglese, il Govi tenne una conferenza sulla macchina da me inventata nel 1860. Alla fine di tale conferenza io, che avevo portato sul banco della tribuna la macchinetta del '60 e quella a gomitolo, le posi in comunicazione e feci vedere che funzionavano, trasmettendosi il movimento... Gli applausi risuonarono e allora pronunziai alla francese: — Sento il bisogno di esprimere la mia gratitudine al prof. Govi per quanto ha fatto al fine di mettere in evidenza la mia priorità nella costruzione, uso, esplicazione dell'elettro-magnete trasversale; ed ancora al prof. Govi sono obbligato per avermi invitato ad intervenire qui, dove un'accolta di uomini eminenti mi ha espresso la più lusinghiera benevolenza. La mia gratitudine deve esprimersi ancora a tutti gli ingegneri costruttori di macchine elettro-magnetiche e magneto-elettriche con elettro calamita trasversale, e fra essi specialmente al sig. Siemens, al sig. Edison, al sig. Bregnet, ed anche al sig. Gramme, *(il capotecnico del brevetto!)* a tutti i quali è dovuto il progresso materiale e industriale così splendente che ci circonda. Infine esprimo la mia gratitudine a quanti sono qui presenti, che si sono interessati alla storia della mia invenzione! — Nuovi applausi, strette di mano, e conversazioni che si protrassero fino alle 2. Ora, sebbene sia domenica, bisognerà che torni al Palazzo dell'Esposizione. Salutandola affettuosamente mi confermo suo obbligatissimo figlio

ANTONIO ».

L'elettricità, convogliata, mette oggi in moto i più complessi macchinari.
(Tabulatrice automatica).

***

Basta, del resto, fare una scorsa attraverso le applicazioni pratiche di queste teorie, necessariamente astratte, per convincersi come non solo le moderne teorie matematiche e all'apparenza immateriali non ostacolino, come ai tempi di Platone, l'adattamento delle nuove scoperte scientifiche ai bisogni materialissimi della vita umana, ma largamente le coadiuvino.

La forma pratica data alla pila voltiana dal Daniell nel 1836 facilitò una quantità di applicazioni, fra le quali, importantissima, quella al telegrafo Morse, subito l'anno dopo. Lo stesso Morse, oltre il suo telegrafo, concepì pel primo una linea elettrica su pali ed ebbe l'idea del cavo sotterraneo. Il Faraday, che abbiamo conosciuto come eminente teorico, non sdegnò mai dedicare la sua vasta mente ai bisogni pratici dell'uomo: la sua idea di far generare la corrente con la rotazione di un disco metallico fra i poli di un magnete fu il primo germe del concetto della dinamo moderna. Difatti la prima fu quella da lui costruita nel 1831 e poi dal Clarke modificata nel 1834, e seguirono così le prime macchine industriali con magneti per ottenere la luce. Dobbiamo però al Pacinotti, come testè vedemmo, la creazione del suo motore a dinamo ad anello chiuso e ad autoaccensione, che iniziò il grande e rapido progresso nella tecnica delle macchine dinamo elettriche. La genialissima scoperta, fatta nel 1887 da Galileo Ferraris, del « campo rotante » rese possibile i trasporti di energia a grande distanza e favorì lo sviluppo dell'illuminazione elettrica. Di quest'ultima sono noti i rapidi e sempre maggiori progressi. Cominciata con tentativi nella prima metà del secolo scorso (come quelli del De Moleyns nel 1841 di rendere incandescente la polvere di carbone rinchiusa in un tubetto di vetro, dello Starr, del nostro Brusotti di Pavia, del russo Lodygnine nel 1872) arriviamo alla prima « candela elettrica » del russo Iablockof nel 1874, nella quale già era il concetto dell'arco a incandescenza. Ecco apparire le prime lampade ad arco, sino a quel famoso anno 1878 in cui fu fondata la *Edinson Eletric Lightt Company* che doveva diventare di fama mondiale. Uscirono dal laboratorio di Menlo Park di colui che fu chiamato il gran « mago

della luce elettrica », le prime lampade elettriche, seguite poi da quelle a filamento di carbone (1879), che sempre più modificate ci hanno portato a tutti i tipi di lampadine che oggi adoperiamo. Non dimentichiamo che dobbiamo pure a Edinson l'invenzione del *contatore* per la misura dell'energia consumata — strumento mirabile per semplicità ed ingegnosità — ed il grande impulso industriale dato alle macchine dinamo che oggi alimentano la luce in tutte le nostre case e si può dire in ogni angolo del mondo. La prima stazione centrale di distribuzione di luce elettrica fu aperta a New-York nel 1872. La nostra di Milano — che ebbe come sua prima sede un modestissimo ufficio in via S. Radegonda ed oggi occupa un imponente palazzo — data da quei giorni, giacchè seguì di pochi mesi quella di New-York. Ne fu fondatore l'ingegnere Giuseppe Colombo che la diresse per molti anni.

Schema di un telefono.

Telefono come generatore di corrente alternata.

(Dal *Pohl*).

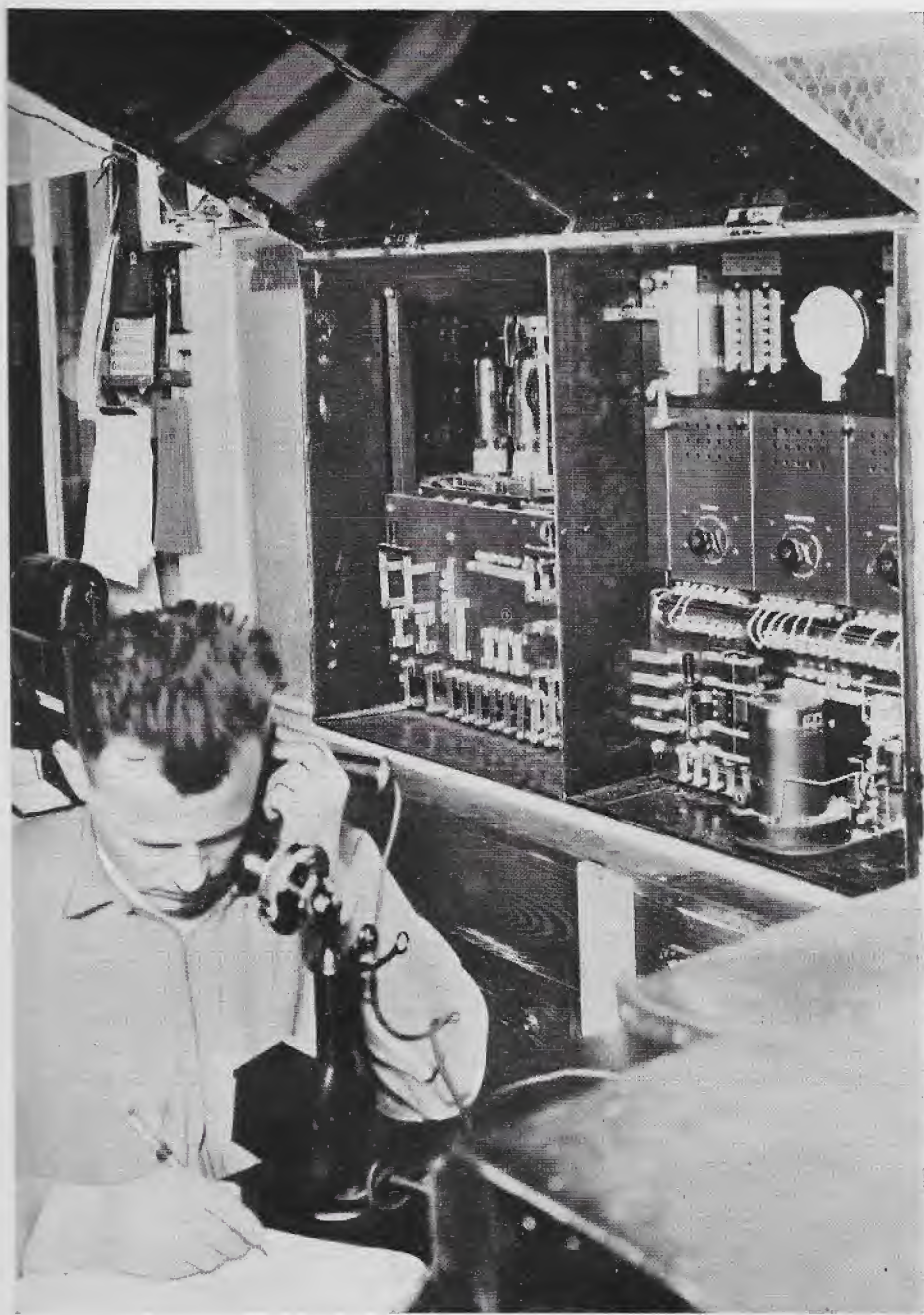
Oggi la luce elettrica rivaleggia nel mondo, quasi si può dire, con quella del sole. E lo dobbiamo proprio alle formole, che sembrano aride a tanti, nate da quelle estrose « fantasie teoriche » che fanno dubitare ancor oggi, a chi vive fuori dal grande ambito degli studi scientifici, che non sieno altro che trastulli della mente di sognatori.

Che dire del telefono? Oggi è tanto entrato nella vita di tutto il

mondo civile, che non ne potremmo fare a meno. Ideato sino dal 1849 dall'italiano Meucci, lanciato nel 1876 dall'americano Bell, modificato sino alle ultime perfezioni odierne è ormai d'uso comune. Per restare in casa nostra basta dare un'occhiata alle statistiche per convincersi in qual modo esso ormai sia entrato a far parte della nostra esistenza civile. Nell'anno in cui scriviamo (1929) a Milano abbiamo 5 apparecchi e mezzo ogni cento abitanti, che vuol dire un apparecchio ogni 18 abitanti, con 33.158 abbonati collegati alle centrali automatiche, mentre nel 1925 erano soltanto 15.651. In tre anni si sono quindi più che raddoppiati. San Francisco di California ha 32 apparecchi ogni cento abitanti e Nova-York, Washington e Chicago ne hanno oltre 25.

Ormai l'elettricità viene applicata ai più svariati usi della vita comune. Radiatori elettrici riscaldano le nostre stanze e l'acqua dei gabinetti di bagno. L'ing. Russ di Londra ci ha presentato questi giorni un suo « riscaldatore per radiatori di automobili » assai ingegnoso e pratico. Abbiamo forni elettrici per qualsiasi uso: interessanti fra questi i forni elettrici per la verniciatura della porcellana così largamente diffusi nel Giappone. Conosciamo i ferri da stirare elettrici; le applicazioni che il riscaldamento elettrico ha nella terapia, nella quale è venuta a sostituire gli antichi recipienti d'acqua calda e un'infinità di altri apparecchi che tutti conosciamo. Possiamo quindi dire che, dalla lampada che illumina il nostro salotto al fornellino per cuocere le uova in cucina, l'Elettricità è entrata ormai proprio da padrona nelle nostre case!

***

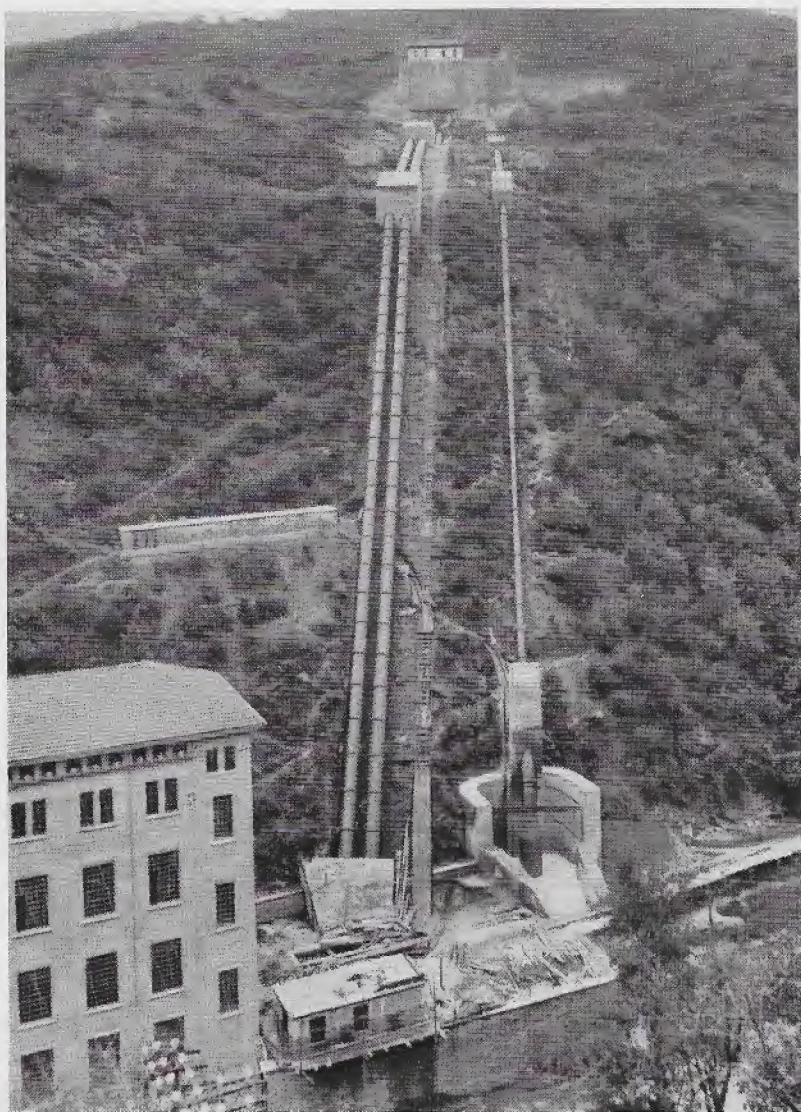
Lo sviluppo e la distribuzione dell'energia elettrica va aumentando e diffondendosi ogni giorno più. In Inghilterra nel 1926 fu approvata l'*Electricity Supply Act*, una legge speciale che ha per iscopo di coordinare il fornimento di elettricità nella Gran Brettagna, proponendosi di coprire tutto il paese con una rete di cavi elettrici che dovranno portare la modernissima energia a tutti. In Scozia cinquemila miglia quadrate, quante cioè ne comprendono i distretti industriali, marittimi e carboniferi, verranno collegate dall'elettricità. Londra, Birmingham, le contee dell'Inghilterra centrale,

Nuovo tipo di potente telefono in azione nella Stazione di Baltimora.

tutto il resto dell'Inghilterra verrà suddiviso in grandi zone di produzione e distribuzione dell'energia elettrica. La luce e la forza motrice verrà portata in tutte le fattorie del Cheshire, del Shropshire e del North Wales. Macchine elettriche mungeranno il latte, l'elettricità riscalderà il pollaio stimolando le galline a fare un maggior numero di ova, l'elettricità prosciugherà il fieno impedendo che marcisca. Tutto questo rileviamo da una recente relazione dell'ingegner W. S. Brittain sulla riorganizzazione dell'elettricità in Inghilterra.

Oggi tutti gli Stati stanno studiando il modo di portare l'uso dell'energia elettrica a prezzi accessibili a tutti. Occorrono grandi centrali e un forte numero di consumatori. E si vanno cercando le nuove fonti di energia. Le cadute d'acqua, le correnti dei fiumi, persino il movimento delle maree vengono usufruite allo scopo. L'Italia, ricca di acque com'è, è in testa nello sfruttamento di questo così chiamato *carbone bianco*. Ma nel Giappone già due terzi della forza elettrica sono prodotti dall'acqua, ed è il paese in cui l'elettricità sta prima di ogni altro sostituendo ogni altra forma di energia.

Quando questa miracolosa forza moderna avrà raggiunto le campagne più lontane sarà risolto il problema che oggi preoccupa tutte le nazioni civili: quello dell'*urbanismo*, la tendenza cioè di disertare le campagne per venire a popolare soverchiamente le città. Treni elettrici condurranno dovunque, tutti i comodi delle grandi città saranno elettricamente portati ne' più lontani luoghi della camgna, ove l'aria è più pura e la vita più sana.

A curiosi impieghi è adibita l'elettricità. In Finlandia i membri del Parlamento votano premendo un bottone elettrico. A Parigi si vedono nelle vetrine de' negozi di mode, eleganti e bizzarri *mannequins* che si muovono elettricamente per far bene ammirare da tutti i lati le ricche vesti che li coprono. Viene adoperata negli ospedali per curare specialmente le malattie polmonari.

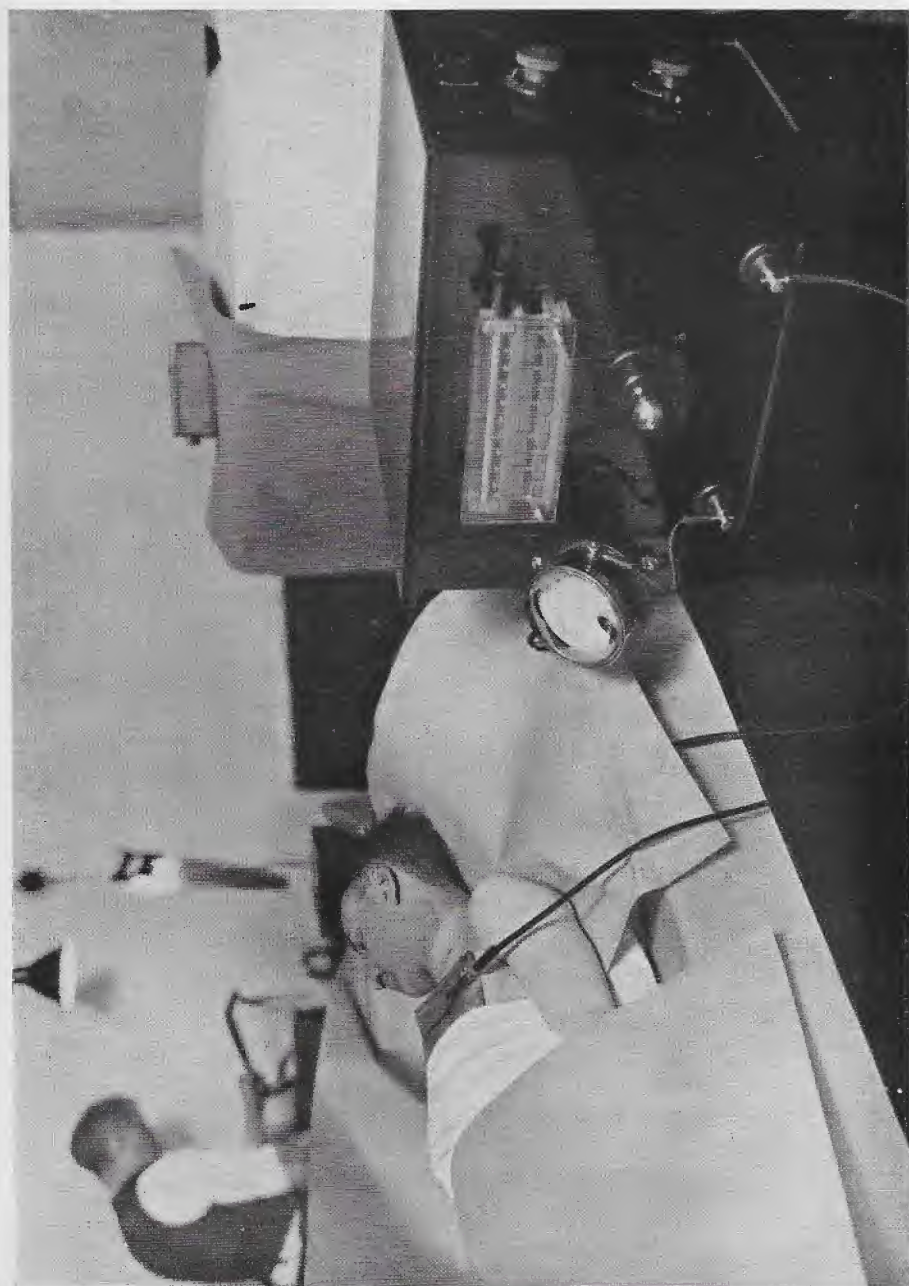
Ma il trionfo dell'elettricità ci promette qualcosa di più. Ci ha detto Marconi che un giorno — forse più a noi vicino di quanto non crediamo — grandi centrali fornitrici di onde elettriche faranno correre per le vie gli automobili, e con essi gli aeroplani e le navi... Non occorrerà più benzina: basterà un piccolo ricevitore a contatore. Tutta la vita sociale ne verrà trasformata!

Il nostro carbone bianco.
(Impianto idro-elettrico di Susa delle Officine nazionali di Savigliano).

***

Per quanto riguarda la scienza oggi la teoria elettronica sembra essere la vittoriosa. Sarà essa definitiva? Assai ardua è la risposta. Nessuna teoria è, in senso assoluto, definitiva. Spesso non è che il germe di nuove teorie da venire. Ha detto un fisico illustre che una teoria definitiva segnerebbe la morte della scienza. Ma quasi sempre ogni nuova teoria — che per i nostri mezzi umani limitati si risolve infine in un'ipotesi — è una tappa nel cammino delle conoscenze umane. Poichè quasi sempre essa rinchiude una verità ignorata che viene portata alla luce.

Finora, nella scienza dell'elettricità, una teoria completa, che tutti raccolga e rinchiuda in una sintesi rivelatrice i fenomeni che furono rivelati, non esiste. E questo perchè nessuna scienza presenta tante difficoltà per costruire una teoria unitaria come questa dell'elettricità. La varietà dei fenomeni, le scoperte che s'incalzano ed il cui carattere sembra quello di sovvertire le precedenti, la natura stessa intangibile dell'elemento studiato, si uniscono per opporre difficoltà all'enunciazione di una teoria generale e definitiva.

Intanto però già possediamo una grande conquista: l'atomo di elettricità. Lo vediamo nel rapidissimo suo movimento nell'interno del tubo di vetro in cui abbiamo fatto il vuoto, lo vediamo fuggire lungo il filo trasmettitore della corrente elettrica, possiamo seguirlo nelle onde ch'esso irradia nelle trasmissioni senza fili, abbiamo la conoscenza della corsa vertiginosa che compie lungo l'orbita che percorre intorno all'atomo di materia al quale aderisce, ne sentiamo la presenza in tutti i fenomeni magnetici.

Lo abbiamo fotografato, ne possiamo presentare la visione: dunque esiste. Esso ci dice che per suo merito la materia è un serbatoio di energia. La sua scoperta ha distrutto una quantità di dogmi antichi. La chimica d'oggi non è più quella di prima. Si sa ormai che gli elementi non sono più inalterabili. Abbiamo veduto scomparire per sempre gli elementi primitivi che c'insegnavano a scuola i maestri del passato. Il maestro d'oggi c'insegna che non esistono più che due soli elementi fondamentali d'ogni corpo e sostanza: gli atomi di elettricità positiva e negativa. Ma c'è di più: la disintegrazione

L'elettricità come farmaco per le malattie polmonari.

atomica della quale dovremo riparlare c'insegna che l'atomo di un elemento si può trasformare in quello di un altro.

Tutto oggi viene interpretato elettricamente. I fenomeni meccanici vanno veduti solo come azioni di campi elettrici e di elettroni. Questa nuova concezione ci guida a scoprire la correlazione ch'esiste fra le scienze fisiche e chimiche, ci rivela il meccanismo recondito delle mutazioni che avvengono negli elementi, la costituzione e la distruzione della materia, ci conduce a darci una ragione dell'inerzia, ci dà una nuova meccanica a base di elettricità, e ci porterà passo passo alla revisione di quasi tutte le vecchie concezioni meccaniche. Difatti, da poi che la teoria elettronica si riferisce a tutte le sostanze elettrizzate o magnetizzate, essa deve ben comprendere anche la gravitazione. Sarà forse essa destinata a rivelarci una quantità degli enimmi nel mondo naturale che fino ad oggi ci hanno tenuti perplessi...

Questo ci porta a concludere che se la teoria elettronica riuscirà un giorno a coordinare effettivamente in un solo, grande e completo, sistema tutti i fenomeni — elettrici e magnetici, chimici e meccanici — essa potrà assurgere veramente ad una grandiosa teoria permanente. Inestimabile sarà allora il suo valore: e segnerà una grande vittoria del pensiero umano. Poichè unificherà tutte le scienze fisiche e potrà, forse, aprirci finalmente quella strada che dovrà pure condurci ad una comprensione un po' meno incerta dei fenomeni della vita.

Intanto ogni giorno nuovi fenomeni, nuove curiose constatazioni ci presenta questa forza regina del mondo ch'è l'elettricità.

Leggiamo — mentre stiamo scrivendo — questa interessante comunicazione fatta in questi giorni all'Accademia delle scienze di Parigi dal Vincent, su di un fenomeno che egli ebbe occasione di osservare a Shannavon, nel Canadà: « Con un cielo limpido e mentre il terreno era coperto di neve allo stato polverulento, si levò un fortissimo vento che con estrema violenza trasportava una specie di polvere ghiacciata. Una piccola antenna, fatta di fil di rame ritorto, veniva colpita da siffatto bombardamento nevoso; e sotto l'azione

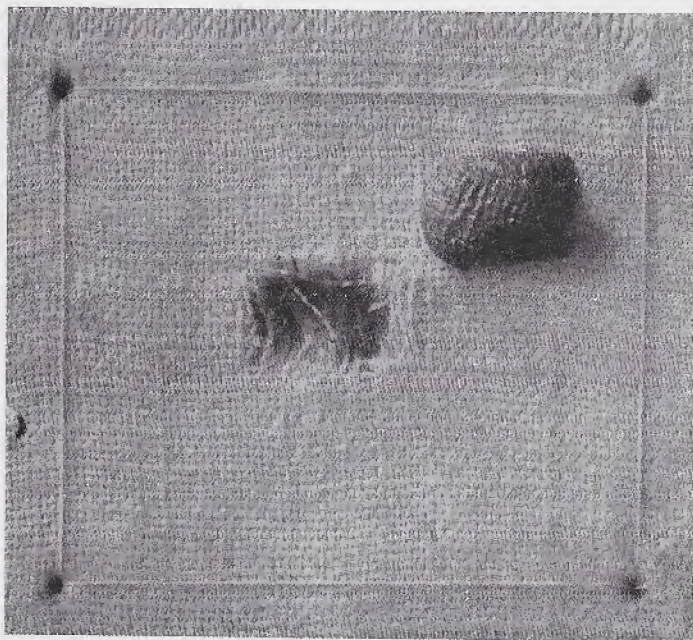
dell'intenso sfregamento, l'antenna si elettrizzava così intensamente, che se ne sprigionava una serie di scintille, di cui alcune raggiungevano persino la lunghezza di 5 millimetri. Il fenomeno ripetevasi anche su altre antenne; e si poteva così udire un crepitìo, il quale corrispondeva, con le sue variazioni d'intensità, a quelle del vento; e che di queste segnava il ritmo, che era poi quello del bombardamento nevoso ».

Le osservazioni precedenti presentano una grande analogia con quelle di cui, recentemente del pari, veniva data notizia dal Pollet: osservazioni queste fatte a Tien-Tsin, in Cina, nelle pianure di Scih-li. Detta pianura è di natura desertica, salvo in due mesi dell'anno durante i quali piove. Il terreno è sabbioso e argilloso insieme, e d'inverno il vento vi domina violento e solleva nembi di polvere, provenienti dalla Mongolia, da mille chilometri di distanza; nembi i quali oscurano completamente l'atmosfera e fanno apparir azzurro il sole. La velocità del vento raggiunge, talvolta, quasi i 22 metri al secondo. Ora le particelle di tale polvere manifestansi elettrizzate negativamente; e le automobili, isolate dai cerchioni di gomma, appariscono del pari fortemente elettrizzate. Le manifestazioni elettriche raggiungono la loro intensità massima alla sera; e anche qui si ottengono dalle antenne battute dal vento, scintille della lunghezza di 5 millimetri, rinnovantisi ogni due secondi, e il sibilo caratteristico della dispersione elettrica.

***

Altri quadri — sempre diversi e inesauribili — di energie potenti ci presenta il mondo invisibile ai nostri occhi e manifestazioni di forze che restano per noi misteriose. Eccovi un bel caso bizzarro quanto mai. Vien tirato un colpo di rivoltella contro una grossa tela di canapa la quale resta forata dal proiettile. Esaminando dopo la pallotola si trova ch'essa serba l'impronta della struttura della tela. Evidentemente questa è rimasta, possiamo dir così, fotografata sul piombo mentr'era molle per il calore dell'esplosivo. Ma come mai le fibre della tela non ne sono rimaste bruciate?...

Ed ecco ora uno dei più suggestivi fenomeni delle tante forze che agiscono nel mondo per noi invisibile.

Una mattina dell'estate 1827 il botanico inglese Roberto Brown di Montrose, trovandosi nel suo gabinetto a studiare alcune piante, si fece portare dalla domestica un bicchier d'acqua. E davanti alla limpida acqua freschissima ebbe un'idea. Volle guardarvi dentro col microscopio... E scoperse una cosa che dapprima

La tela ha lasciata l'impronta della sua struttura sulla palla della rivoltella che l'ha forata.

lo stupì, poi lo lasciò pensoso a meditare. La stessa cosa, una quarantina d'anni prima, aveva veduto anche il nostro grandissimo Lazzaro Spallanzani, il quale si era a sua volta stupito, ma, come ora il dottor Brown, non aveva saputo darsene una spiegazione.

Si tratta di questo.

Se guardiamo col microscopio entro un bicchiere d'acqua, vi scorgeremo una quantità di minute particelle di materia sospese nel liquido, le quali sembrano impazzite. Senza posarsi mai sul fondo del bicchiere, sono animate da rapidi movimenti irregolari e disor-

dinati, vòlti cioè in tutte le direzioni. Questi movimenti non cessano mai e, quanto più piccole sono le particelle, altrettanto essi sono più vivaci. Osservando in particolare una delle particelle la vedremo come in preda a una vera ossessione: essa va, viene, gira all'intorno, sale e discende nell'acqua, rimonta novamente per tosto ridiscendere, senza acquietarsi mai. E questo suo affannoso lavorìo, lo abbiamo detto, non ha regola nè riposo. È assolutamente disordinato e la nostra indiavolata particella non scende mai sino al fondo del bicchiere per fermarvisi un momento e riposarsi come farebbe, se lo fosse, qualsiasi vivente animaletto microscopico. Poichè anch'essa la si direbbe vivente: ma un animaletto non è.

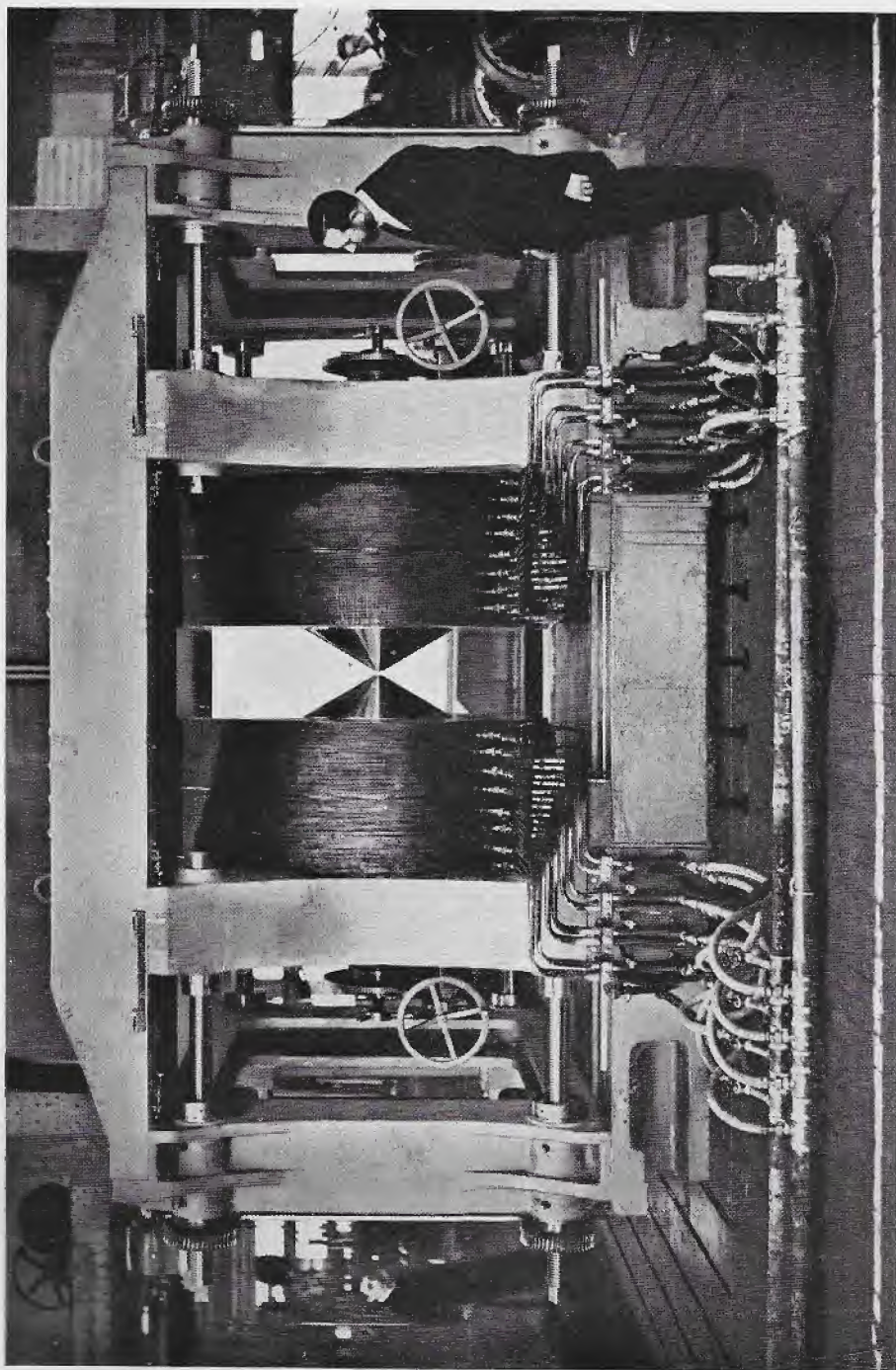
Quale strano stimolo l'anima dunque? Il dottor Brown segnalò il curioso fatto ai suoi colleghi fisici i quali cominciarono a studiare il fenomeno. Si fecero dapprima molte congetture e ipotesi per spiegare questi bizzarri comportamenti della nostra particella inquieta. Si pensò alla luce, s'indagarono misteriose azioni chimiche. Si disse che i movimenti potevano dipendere dalle oscillazioni dell'ambiente esterno nel quale si trovava il bicchiere: e si ebbe allora cura di collocarlo sopra un tavolo al sicuro da ogni possibile scossa. Si osservò di giorno e di notte. Si cercò di rendere uniforme la temperatura del liquido, si cercarono i mezzi perchè questo si potesse trovare nello stato di quiete più perfetta. Il moto della particella continuò imperterrito! Essa non cessò mai di agitarsi, di saltellare in ogni direzione, di raggirarsi nell'acqua del bicchiere come una piccola forsennata. E allora si finì per concludere: il suo movimento è proprio spontaneo e perpetuo.

Naturalmente la stranezza di un fenomeno consimile non poteva che attrarre in sommo grado la curiosità degli studiosi. E lo si indagò lungamente. In questo studio vi sono dei particolari che hanno qualcosa di poetico e potremmo anche dire di romanzesco... Per esempio questo. Lo si andò a cercare in certi liquidi che si trovarono rinchiusi e prigionieri da secoli in blocchi di quarzo, la cui formazione è millenaria. E lo si trovò egualmente! Il fatto ci dice come le particelle sàture di moto mai cessarono un attimo, nelle migliaia di anni che durò la loro geologica prigionia, il loro ballo ossessionante. Pensate. Corsero gli anni, i secoli, i millenni; le stagioni, i cataclismi, le êre passarono sulla terra; generazioni di uomini si

susseguirono e s'avvicendarono su di essa, con i loro regni, le loro civiltà, le loro passioni e le loro illusioni... Una sola cosa non mutò mai: l'agitazione delle particelle folli rinchiuse nella loro prigione di cristallo. Mònito pel moralista dell'eternità delle forze naturali di fronte alla nostra effimera vita...

E il problema rimase nella scienza per molti anni come un enimma, sotto il nome di « moto di Brown ».

Intanto si continuò a studiarlo. Si credette dapprima che la causa di questa agitazione continua risiedesse nelle particelle stesse, che così acquisterebbero quasi un carattere di vitalità. Ma poi si finì con l'escluderlo. E si pensò allora che doveva dipendere da cause esterne.

Intanto in una cosa si dovette convenire: ch'esso rappresenta un vero e proprio moto perpetuo, il famoso « moto perpetuo » che tanti uomini hanno cercato, nella loro illusione, di scoprire... Bisogna anche dire che vi furono molti studiosi (e forse ve ne sono ancora) che cercarono d'indagare se questo misterioso moto potesse venire sfruttato. Sarebbe stato il primo passo verso la soluzione di un antichissimo problema meccanico: quello di ottenere *un lavoro* senza spesa alcuna. Certo, se la cosa fosse possibile, presenterebbe una conseguenza che, per noi che ora scriviamo e pel lettore che ci legge, apparisce solamente pittoresca. Pensate: nell'acqua del bicchiere ove folleggiano queste particelle vivono degl'infusòri. Uno di questi, che si trova sul fondo, vuole, senza spesa di forze sue e quindi di fatica, risalire verso l'alto, raggiungere la superficie. Che fa? monta sopra una delle particelle mobili in atto di spiccare il moto ascendente, ed eccolo sopra un velivolo comodissimo!... Facciamo del piccolo infusorio un uomo, diamo alla microscopica particella la grandezza che potrebbe interessare noi — e così portiamola alla nostra proporzione — e, siccome questo fenomeno del « moto di Brown » si verifica anche nei gas, il velivolo che ci porta in alto senza bisogno di motore, e quindi di benzina, sarebbe bell'e trovato... Senza dire che uno dei più seducenti problemi che in questi giorni affatica certi studiosi — quello della forza ascensionale che s'oppone con la propria energia alla gravità — sarebbe pure risolto. Ma non sono che fantasie... Poichè per ottenere questo occorrerebbero parecchie cose. Anzitutto disciplinare le particelle sospese nel liquido o nel gas,

Il più potente magnete del mondo.
(Si trova all'Istituto nazionale delle ricerche ed invenzioni a Bellevue, presso Parigi).

coordinandole, dando loro una direzione stabilita e fissa, e cioè verso l'alto, e siccome una sola non basterebbe allo scopo ma dovrebbesi contare sulla forza ascensionale di parecchie, bisognerebbe rendere parallele tutte le linee ascensionali di esse. Come si vede, il loro impiego ad un uso pratico non si presenta molto attuabile. Però questo « moto di Brown » suggerisce delle idee le quali, perchè no?, potrebbero anche condurci un giorno a impensate sorprese.

Oggi il mistero di Brown non è più tale. È vanto del grande fisico Faraday averne data la spiegazione. Il fatto si connette alla instabilità dei liquidi. Essi non sono mai fermi. L'acqua contenuta nel bicchiere, e che a noi appare perfettamente immota, è in realtà sempre in pieno movimento. È un continuo subbuglio nelle molecole dell'acqua più quieta: e lo stesso avviene nei gas. Naturalmente tutto questo movimento molecolare sfugge completamente alla nostra vista limitata. Ora, questo movimento continuo altera la temperatura del liquido e produce dei piccoli vortici nei quali le nostre piccole particelle vengono urtate, sballottate, spinte qua e là proprio come una navicella viene sbattuta in un mare in burrasca.

Certo che questo « moto di Brown » è molto interessante. Esso ci rivela il continuo movimento molecolare di un liquido e di un fluido. Ed ha aperto la strada ai fisici moderni a interessanti congetture sopra la costituzione di questi elementi.

È cominciata da questa singolare scoperta — dovuta, già dicemmo, in un primo tempo al nostro Spallanzani e poi fatta oggetto di studio dal Brown e dai suoi colleghi — la vecchia « fisica molecolare » la quale un poco per volta ci ha condotti a tutte le ricerche fisiche e chimiche sulla intimità dei corpi che hanno poi fatto capo alle moderne scoperte sopra la costituzione della materia, sulla sua discontinuità, sopra i singolari moti delle sue particelle.

Oggi la meccanica molecolare s'è avviata sopra nuove vie. Ma lungo e faticoso è stato il cammino. Dalle geniali interpretazioni di Dalton, sul principio del secolo scorso, che intuì i moderni *atomi*, all'inglese Prout che nel 1875 lanciò l'ipotesi che gli atomi di ogni sostanza non sieno che aggregati di « atomi fondamentali » di una unica specie, alla moderna teoria cinetica dei gas, ch'ebbe un grande maestro nel nostro Canizzaro e un geniale rivelatore nel Perrin, siamo arrivati man mano con Thomson, Rutherford, Bord e gli

altri che già conosciamo, al tipo di atomo ormai ammesso e riconosciuto da quasi tutti i fisici.

Ed oggi noi siamo intenti a studiare ed a cercar di scoprire le « occulte forze » che si nascondono nella materia.

⁂

Il nostro lettore ha dunque svariato con noi in questo capitolo tra le diverse forze che governano il mondo. Molte cose abbiamo trovato da dire sopra di esse; ma siamo incappati ogni tanto in qualcosa di oscuro, d'impenetrabile, che ci ha fatto dire: come e perchè questo avvenga non lo sappiamo!

Questo c'insegna una cosa. Molte sono le conquiste che la scienza d'oggi ha saputo compiere. Ma come bene ci ammoniscono i moderni più geniali e pensosi scienziati — dal grande chimico Max Verworn al benemerito nostro Giovanni Battista Grassi, il rivelatore delle cause della malaria, da l'Hering a Marconi — bisogna, anche nella scienza, essere modesti, poichè in realtà non sappiamo ancòra proprio nulla.

Una pietra gettata in alto ricade a terra, poco lontana da noi. Un corpo inerte cambia di posto nello spazio. Sappiamo bene che questo avviene perchè una forza ha agito sopra le due cose: tanto sulla pietra che ritorna al suolo, come sul corpo nello spazio che si è mosso.

Ma proviamo a farci questa così semplice domanda: *che cos'è una forza?*

Rispondiamoci lealmente: *non lo sappiamo.*

Capitolo Terzo

LE RADIAZIONI INVISIBILI.

Gli scienziati d'oggi dovrebbero innalzare un monumento a quello studioso che pel primo ebbe l'idea di giovarsi del *vuoto* per sapere che cosa in esso avviene dei corpi.

Giacchè dobbiamo appunto agli esperimenti compiuti nel vuoto le maggiori scoperte dei nostri tempi. Tanto è vero che l'americana *General Electric Company*, che è una delle più potenti società elettriche del mondo, pienamente compresa di questa verità, ha dato milioni di dollari ai migliori suoi tecnici perchè abbiano i mezzi più ampi da poter perfezionare la tecnica del vuoto. Il tubo a raggi X, le diverse forme di apparecchi produttori e rivelatori di onde elettromagnetiche, la cellula *fotoelettrica* da cui dipenderà la televisione, tutto questo è nato dai progressi effettuati nell'arte di fare il vuoto.

Non pare che gli antichi vi abbiano mai pensato: invano abbiamo fatto ricerca nell'elenco delle numerose invenzioni di Erone, di Ctesibio e degli altri celebri ingegneri di Alessandria d'Egitto — precursori dei nostri meccanici — nonchè nel formidabile complesso di quelle d'Archimede che già abbiamo accennato, invano abbiamo in esse ricercato, dicevamo, qualcosa che si riferisca alla produzione del vuoto. Bisogna proprio cominciare dal dotto borgomastro Ottone di Guericke che ben conosciamo, il quale nel 1650 ideò pel primo la macchina pneumatica che, se pure modificata in seguito da diversi perfezionamenti di dettaglio (come dal fisico inglese Hawksbee che portò a due i corpi di tromba), è rimasta nelle sue disposizioni essenziali quale la pensò il grande fisico di Magdeburgo.

Solo in questi ultimi tempi s'è pensato a perfezionarla secondo la tecnica moderna: abbiamo così oggi la pompa e la tromba a mercurio, la pompa rotativa del Gaede del 1907, strumenti molto semplici ma assai lenti e che non servono se non a vuotare dall'aria i piccoli recipienti nei quali si raccolgono poi altri gas. Gli ultimi più importanti apparecchi ideati sono, in questo campo, la *pompa molecolare* e la *pompa a vapore di mercurio*. Fra queste ultime sono notevoli quella del Gaede e la più recente del Langmuir.

È molto interessante questa pompa del Langmuir. Si tratta di una piccola caldaia elettrica ove il mercurio viene riscaldato. Si producono allora dei forti getti di vapori i quali passando con violenza atraverso la caldaia trascinano via le particelle d'aria che vi si trovano, conducendole in un apparecchio pneumatico comune che le espelle fuori. Viceversa i vapori di mercurio quivi giunti si condensano per la temperatura fredda che vi trovano e vengono quindi ricondotti, ritornati mercurio liquido, nella caldaia elettrica.

Sappiamo però bene come sia impossibile ottenere un vuoto perfetto. Quello da noi prodotto nei tubi non può essere, sempre, che relativo. Con tutto ciò siamo riusciti già ad ottenere dei vuoti rilevantissimi: una buona pompa moderna arriva oggi a ridurre la densità dell'aria rimasta nel tubo a circa la *decimiliardesima* parte di quella che è nelle sue condizioni normali. Non c'è male. Per avere un'idea pratica di questo risultato basta dire questo: che uno spazio grande come il nostro teatro della *Scala*, vuotato con una di coteste pompe, non conterrebbe più che pochi *millimetri* di aria!... Ma con tutto questo il fisico è tuttora malcontento. Giacchè egli ci dice che ogni millimetro di questo vuoto contiene ancora non mai meno di *un milione di molecole!*....

Questo è il massimo *vuoto relativo* che siamo riusciti ad ottenere. Il quale però ha le stesse proprietà, su per giù, del vuoto assoluto. Il quale appare oggi preziosissimo alle indagini fisiche: nel vuoto difatti vengono eliminate una quantità di cause di perturbazioni nei fenomeni più interessanti da studiare. È nel vuoto che s'è potuta analizzare un po' bene la scintilla elettrica. A vederla nulla ci appare più semplice in apparenza della scintilla elettrica che scocca nell'aria fra due sfere metalliche per la scarica di una bottiglia di Leyda. Eppure, nella realtà, nulla v'è di più complesso!

V'intervengono tutte le proprietà della materia e dell'elettricità, quelle degli elementi dell'aria, degli ioni positivi e negativi, e gli effetti degli urti fra tutti questi elementi diversi.

La nostra bella scintilla elettrica non dura che pochi *milionesimi di secondo*. Eppure in questo, vertiginosamente breve per noi, spazio di tempo si succedono una infinità di *stati diversi*, il cui segreto si va studiando da due secoli e non se ne sa sinora che ben poco.

Poichè anche la scintilla elettrica, in fondo, è tuttora uno dei tanti enimmi scientifici che noi andiamo sopra queste pagine ricercando!...

***

Dobbiamo al Feddersen il sapere — non la sua intima essenza che come dicemmo c'è ignota — ma il modo come la scintilla elettrica si manifesta. Il fenomeno è costituito da un insieme di scintille minori, che dipendono dalla tensione della sua scarica. Altri più recenti ci hanno detto che la luminosità della scintilla è dovuta al rapidissimo alternarsi delle oscillazioni minori causate da una quantità di fattori diversi: bruschi movimenti, urti, riscaldamenti e dilatazione degli atomi gassosi che sono nelle vicinanze che diventano incandescenti e producono la luminosità. La dilatazione improvvisa di questi gas origina — si crede — lo scoppio metallico, e cioè il suono particolare che accompagna sempre lo scoccare della scintilla.

Come si forma la scintilla elettrica. In alto: l'anodo.

(Fotografia presa su lastra in moto da *B. Walter*).

(dal *Pohl*).

Questo è tutto quel che sappiamo della scintilla eletttrica. Se la scarica avvenisse nel vuoto assoluto noi non ne potremmo avere nessuna percezione, perchè non ci si manifesterebbe con la luce.

Per averne la sensazione a noi occorrebbe possedere sviluppato

ed evoluto quel senso che forse già esiste in noi ma solo in embrione finora: *il senso elettrico.*

Ma molti fenomeni ancora misteriosi del nostro corpo e de' quali il lettore potrà avere un'idea nel capitolo seguente ci fanno pensare come non del tutto fantastico il fatto che l'umanità futura — quando avrà raggiunto quel grado di evoluzione al quale sembra chiamata — possa in una non lontana êra possederlo.

Intanto noi trasformiamo in pratiche realtà le incognite ed i

Nuove luci corrono sulla terra...

misteri che affaticano la mente dello scienziato indagatore. Sono le belle ed utili realtà della scienza nuova che noi d'oggi possiamo godere sotto gli aspetti pittoreschi e fragorosi che dànno il più vibrante e caratteristico colore alla nostra modernità. Il poeta nuovo non canta più solamente il pallido astro solitario nello spazio, ma la ferrigna poesia dell'audacia meccanica, il sonante poema dell'acciaio. Le nostre notti più non sono illuminate soltanto dalle lontane, palpitanti stelle: fasci di luci nuove corrono il cielo e la terra...

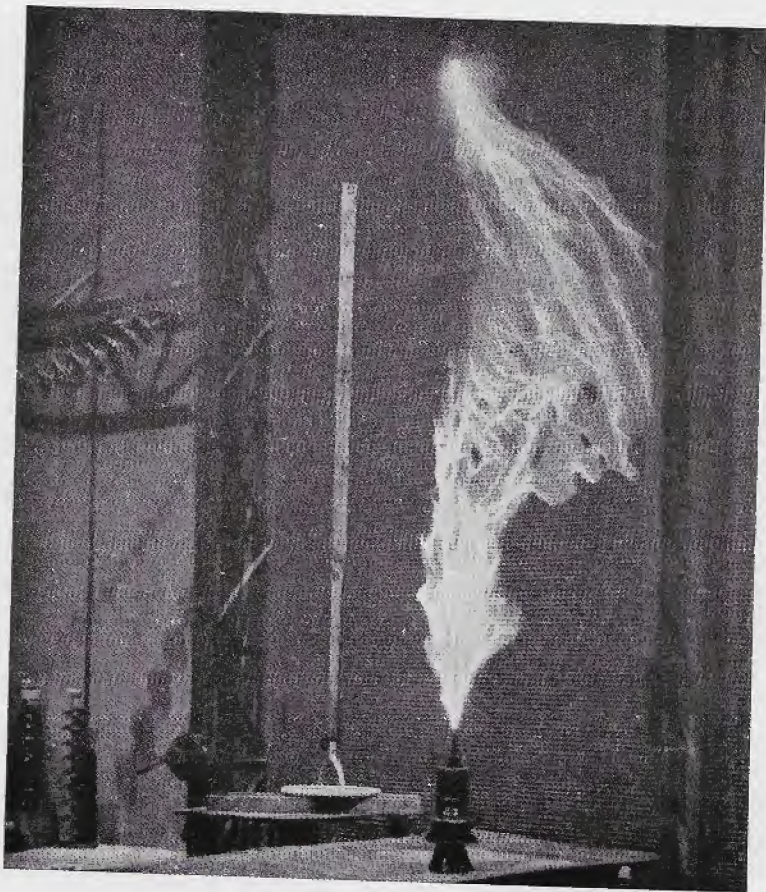
***

Deve essere stata una bella sorpresa e meraviglia per Geissler, lo studioso meccanico di Bonn, quello che vide in quel giorno del 1855 ne' suoi ormai storici tubi.

Perchè il lettore bene comprenda gli ricorderemo come sono costruiti questi tubi. Sono di vetro, chiusi alle estremità e muniti alle

.... e volano nella notte.

due parti di fili di platino che s'internano per pochi millimetri e si prolungano al di fuori. Ora, il bravo Geissler stava indagando che cosa succedeva di certi gas, che aveva imprigionati entro il tubo, sotto l'azione dell'elettricità. Fece perciò passare una corrente elettrica attraverso il tubo, vide scoccare la scintilla elettrica a zig-zag, ma non osservò nulla di speciale. Allora ebbe un'idea. Fare il vuoto nel tubo. Saldò su questo un altro tubetto e lo mise in rapporto con una macchina pneumatica. E cominciò a pompare. Meraviglia! Man mano che il vuoto si faceva nel tubo vide compiersi cose singolari. La scintilla elettrica cessò; ma uno strano bagliore si diffuse in tutto il tubo. E più l'aria andava rarefacendosi il bagliore diveniva sem-

pre più vivo, sino a diventare abbagliantissimo. Il tubo pareva divenuto incandescente! Era però una luce nuova, mai veduta, che non rassomigliava a nessun'altra. Una splendida luminosità verde-azzurrina, meravigliosa. Osservando bene Geissler notò che gli ef-

Scintilla elettrica di *un milione* di Volts.

fluvi luminosi venivano dal polo positivo del tubo e si rinfrangevano contro le pareti di vetro, rendendole ardenti di luce.

Allora Geissler ebbe una nuova idea. Empiè il tubo di altri gas: idrogeno, azoto, anidride carbonica. E le sorprese aumenta-

rono. Facendo passare la corrente ognuno di questi gas dava una luce diversa, ma non meno splendente della prima. L'idrogeno produsse una smagliante luce rossa, l'azoto un giallo carico, l'anidride carbonica un bel verde di smeraldo. Geissler ne restò incantato: ma non seppe darsi alcuna ragione della cosa.

E i tubi di Geissler restarono come un meraviglioso giocattolo di luce, ammirati da tutti quale uno dei più attraenti misteri dell'elettricità.

Nel 1896 il grande fisico sir William Crookes si accinse a dipanare il mistero. E presto annunciò al mondo scientifico che stava ottenendo nuovi meravigliosi risultati.

Egli aveva cominciato metodicamente i suoi esperimenti. Cominciò col portare la rarefazione nel tubo al massimo che potè: un *milionesimo* di atmosfera. E fece delle scoperte strane. La luce — un bell'azzurro violetto — che partiva da uno dei poli, quello positivo, man mano che il vuoto aumentava, s'andava oscurando verso l'altro polo. E Crookes chiamò questo vano d'ombra *spazio oscuro di Faraday*.

Quando il massimo del vuoto nel tubo fu raggiunto — e cioè quasi vuoto assoluto — la bella luce scomparve. Però si formò allora intorno al polo positivo una strana aureola color violetta, che mandava un tenuissimo raggio di luce. E fu questo debole raggio che condusse il fisico inglese alle più impensate sorprese. Sottopose un pezzetto di minerale a questo pallido bagliore e lo vide diventare subito tutto luminoso. Ma avveniva intanto un altro fatto straordinario. Il vetro del tubo si faceva risplendente di una magnifica luce verdina. Crookes pensò di sottoporre varie sorta di minerali al misteriosissimo raggio: ed ecco che ognuno di questi pezzi si metteva a brillare in modo fantastico! Provò del diamante, del rubino, e poi diversi ossidi di metallo, persino della creta: diventavano tutti ardenti come se un fuoco interno all'improvviso li facesse divampare.

E questo meraviglioso spettacolo di luce rimase nella scienza col nome di *fascio catodico di Crookes*.

*
* *

Ma le sorprese dei tubi di Geissler non finirono qui. Crookes aveva trasformato il tubo di vetro dandogli un aspetto di ampolla, o meglio ancora di grossa lampadina elettrica. Potè quindi disporre nel suo interno una piccola sfera di metallo. Fece poi su di essa convergere la luce del suo *fascio catodico*. La sfera si riscaldò in breve tanto da diventar rossa fuoco.

Crookes si dette allora a studiare questo singolare fenomeno. Non era certamente il calore del piccolissimo raggio che poteva arroventare la sferetta. Vi doveva essere qualcosa d'altro, di nuovo, di strano. Ed ecco che cosa divinò: dal polo da cui veniva il misterioso raggio doveva partire un vero lancio di particelle di materia, infinitamente piccole e rapidissime, che andavano a bombardare la palla di metallo. Ma di quale materia? egli si chiese. S'è detto che nel tubo aveva fatto quasi il vuoto: era dunque la pochissima aria rimastavi — un milionesimo d'atmosfera — la causa di questo bombardamento? Provò con altri gas, pure rarefatti entro il tubo al massimo grado, ed il fenomeno si riprodusse identico. Allora formulò questa ipotesi audace: portando un gas qualsiasi, compresa l'aria, ad un'altissima rarefazione, s'ottiene una materia che diventa sempre la stessa, identica, per tutti questi gas. E spingendo sempre più arditamente avanti l'audace intuizione finì dicendosi: « *E questa materia è quella originaria di tutte le cose* ».

Questa fu la rivelazione di Crookes.

Naturalmente la scoperta fece molta impressione nel mondo dei fisici d'allora. Si discusse, s'indagò, si studiò ancora. Ma doveva toccare al celebre professore di fisica a Vürzburg che conosciamo, Wilhelm Röntgen, dire la grande parola nuova sopra l'interessante mistero. Egli scoperse, nel 1895, che questi misteriosi corpuscoli luminosi segnalati da Crookes andando a sbattere contro le pareti di vetro del tubo davano vita ad una quantità di altri raggi, invisibili, ma potentissimi, i quali dovevano possedere proprietà assai importanti e forse meravigliose. E li chiamò, non sapendo quale altro nome dar loro, i *raggi X*.

S'è detto che questi nuovi raggi scoperti dal professore di

La mano di Crookes.

(Per cortesia del gabinetto radioscopico della O. P. Poliambulanza G. Ronzoni di Milano).

Würzburg non sono visibili al nostro occhio. Come mai potè egli dunque averne l'intuizione? Ecco com'egli stesso raccontò la scoperta. Solo nel suo gabinetto stava studiando il tubo Geissler, quello modificato a forma d'ampolla da Crookes. Lo aveva involto in un cartone nero. Accanto al tubo-ampolla si trovò per caso del platino-cianuro di bario che non appena Röntgen fece agire il tubo come s'è detto diventò subito luminoso, e cioè fluorescente. Interrotta la corrente, e quindi spentosi il tubo, la luce del platino-cianuro cessò a sua volta. Da che poteva venire questo fatto? Nessuna luce dal tubo poteva colpire la suddetta sostanza pel fatto che quello era coperto dal cartone nero. Provò a mettere una tavola di legno robusto (di pino) fra il tubo e il platino-cianuro: appena attivata la corrente questo si metteva a lucere come se nulla fosse. Pensò allora di frapporre altri ostacoli, sempre più massicci, fra il tubo e la sostanza: un grosso libro rilegato, una solida scatola, ed altri oggetti ancora. Il fenomeno avveniva imperturbato! Non sapeva che pensare. Ad un tratto avvenne un fatto che doveva dare al mondo una delle più grandi e più benemerite scoperte per l'umanità.

Mentre stava facendo tutte queste prove i suoi occhi s'abbassarono sopra una delle sue mani che si trovava fra il tubo e la sostanza fluorescente. E la vide trasformata in uno scheletro! Sul fondo luminoso tutte le ossa spiccavano nitide e distinte, mentre la parte carnosa gli appariva nera. La prima sua impressione fu di viva sorpresa ed anche di spavento. Poi una luce si fece strada nel suo spirito....

Quella scheletrica mano gli stava rivelando tutto un mondo nuovo: quello delle radiazioni invisibili.

E nasceva la *radioscopia.*

***

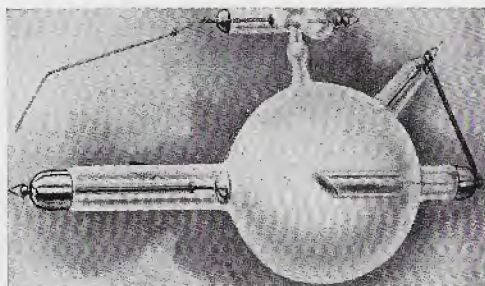
Crookes aveva chiamata *materia radiante* la strana sostanza luminosa che bombardava il vetro del tubo e arrossava la sfera di metallo. Era — diceva Crookes — una materia infinitamente tenue, diversissima in tutto da ogni altra sino allora conosciuta, con proprietà forse nuove e diverse, fuori delle leggi a cui obbedisce ogni altra sostanza a noi nota.

I fisici del suo tempo trovarono questa sua ipotesi molto poetica. Ma null'altro. E la relegarono fra le cose molto belle e poetiche.

Ma il lettore che ha seguito il nostro capitolo precedente ha letto qualcosa di assai vicino a queste parole del Crookes, e l'ha letto come una cosa assodata, provata e persino fotografata. La materia leggerissima, più tenue di ogni altra, costituita dall'esercito degli atomi di elettricità, gli elementi primordiali di ogni sostanza ch'esiste intorno a noi: gli elettroni.

Ma era occorsa la scoperta del radio e dei corpi radio-attivi per dar ragione alla « poetica » induzione del grande e veramente geniale Vilhelm Conrad Röntgen!

Tubo Röntgen.

Oggi noi sappiamo tutto quel che avviene nei tubi ove s'è fatto il vuoto. Le molecole del gas rarefatto nel modo che abbiamo accennato — tanto da dare il quasi-vuoto massimo al quale con i nostri mezzi possiamo pervenire — continuano a muoversi con la stessa rapidità che hanno nell'atmosfera (circa cinquecento metri al secondo), ma data la loro estrema piccolezza e la rarefazione non s'urtano quasi mai, mentre gli urti fra le stesse sono frequentissimi allo stato normale: ogni decimillesimo di millimetro! Nel vuoto invece ogni molecola deve percorrere — in uno spazio illimitato — molti chilometri in linea retta prima d'incontrarsi. Ci dice il Fabry: se imaginiamo le molecole della grandezza di una ciliegia, nel vuoto relativo la distanza una dall'altra sarebbe di circa cento metri, e, in media, ognuna di esse dovrebbe percorrere la distanza dalla terra al sole prima di scontrarsi con un'altra. Ne avviene che se in questo mezzo così rarefatto noi lanciamo dei proiettili di dimensioni molecolari — per esempio gli atomi di elettricità — questi si comporterebbero come nel vero vuoto.

La cosa è importante perchè ci dà modo di poterne studiare le proprietà dinamiche nella loro naturalezza, senza le alterazioni prodotte dagli urti molecolari dell'aria.

Vediamo ora che cosa avviene nel tubo ad ampolla di Röntgen. Le particelle luminose lanciate dal catodo, o polo positivo, con la formidabile velocità da sessantamila a centomila chilometri al minuto secondo *(un quinto* ad *un terzo* di quella della luce) nei tubi ove la rarefazione è portata al massimo grado, vengono lanciate contro la parete di vetro che le arresta. Ora per il vecchio principio che ogni energia non va mai dispersa ma si trasforma, questa dei raggi catodici si cambia in calore, in luce ed in que' raggi speciali che abbiamo veduto chiamare *raggi X* da Röntgen, ma che tutti ormai indichiamo col nome del loro scopritore, e cioè *raggi Röntgen*. Che cosa ne deriva? Che il calore nel bombardamento della piccola sfera l'arroventa a rosso; la luce rende lumescente il vetro del tubo; ed i *raggi Röntgen* manifestano una quantità di proprietà del tutto loro particolari.

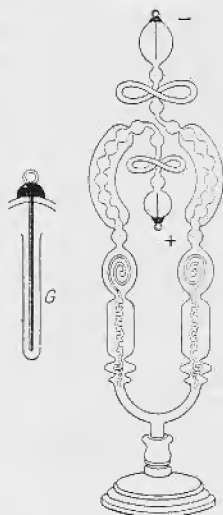
La più importante e caratteristica è questa: ch'essi corrono diritti, in linea retta, proseguendo sicuri la loro strada attraverso quasi tutti i corpi opachi. Impressionano al buio le lastre fotografiche, non si riflettono (o assai debolmente) negli specchi nè si rifrangono, come ogni altro raggio di luce, attraverso il prisma. Ancòra: rendono l'aria conduttrice dell'elettricità, trasformano l'ossigeno che è nell'atmosfera in ozono e facilitano la condensazione dei vapori. I campi magnetici ed elettrici non li spostano in alcun modo.

Noi sappiamo quale importanza hanno ai nostri giorni assunto questi raggi penetranti ed invisibili nella medicina, ove vengono adoperati nella cura di certe terribili malattie, quale il cancro e certe ulceri. La *radioscopia* poi è divenuta ormai di comune impiego nella chirurgia, poichè dà modo di poter ispezionare lo stato delle nostre ossa, quindi ritrovare il punto preciso delle ferite che possono aver leso il tessuto osseo, scoprire le fratture ed altre anomalìe o malattie dello scheletro. Senza dire del grandissimo aiuto che recano nello studio della conformazione interna ossea delle creature viventi.

I misteriosi raggi che tanto meravigliarono, quel giorno che li scoperse, lo studioso Geissler e tanto fecero studiare Crookes e Röntgen, oggi sappiamo da che sono costituiti: da elettroni. Siccome non esistono allo stato libero nel nostro vuoto essi vengono

recati dal di fuori per mezzo di un filamento portato ad altissima temperatura. E una volta fatti prigionieri nel tubo di vetro essi si propagano nel suo vuoto in linea retta. Ma noi possiamo farli muovere come vogliamo: basta far agire su di essi l'azione di campi elettrici o magnetici.

Il *fascio catodico* ci ha pure detto ormai quasi tutto il suo segreto. Quando va a battere contro una superficie metallica, gli elet-

Tubo luminoso per l'analisi spettroscopica.

Vecchio tubo di Geissler: a sinistra: la guaina luminescente intorno al catodo.

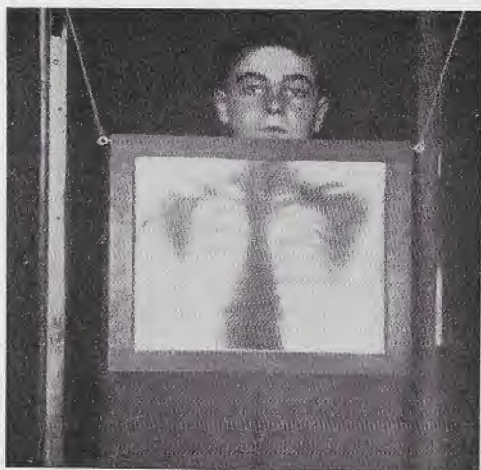
Oscillografo a luminescenza.

(dal *Pohl*).

troni che lo compongono, bruscamente fermati, si trasformano come vedemmo in calore e provocano i *raggi x* o di Röntgen, che sembrano originati dalle vibrazioni interne degli atomi del metallo in tal modo bombardato.

Dicemmo pure che un giorno, e per molto tempo, i tubi di Geissler non furono considerati che come un attraente giocattolo luminoso. Oggi invece si comincia a vedere a quale grande avvenire essi sono destinati. La corrente elettrica trasportata dal raggio che conosciamo può con estrema facilità venire deviato con azioni anche debolissime. Il che ha aperto la strada alle prime applicazioni pra-

tiche di questi tubi forniti di un filo incandescente alla radio-trasmissione, alla telefonia, alle misurazioni elettriche. Ma è vicinissimo il momento in cui questi nuovi apparecchi avranno un impiego più vasto. Serviranno alla grande industria dell'illuminazione elettrica, faranno camminare i treni e le vetture tranviarie, e metteranno in moto le nostre officine...

Chi lo avesse detto, quel lontano ormai per noi giorno del 1855, al buon meccanico Geissler di Bonn quando per la prima volta nel mondo vide brillare la — per lui e per tutti gli altri de' suoi giorni — misteriosissima luce verde, azzurrina ed abbagliante che dovette sembrargli un bagliore sovranaturale?...

Apparizione sullo schermo Röntgen delle ombre delle nostre ossa.

***

Non si può dire l'entusiasmo che la scoperta del Röntgen provocò fra gli scienziati del suo tempo. Tutti si posero a ricercare nuove radiazioni, nella speranza di pervenire a scoperte interessanti.

Il più fortunato di tutti fu il professore Enrico Becquerel dell'Istituto di Parigi. Egli sapeva che il grande matematico e fisico Enrico Poincaré aveva affacciata l'ipotesi che tutte le sostanze fosforescenti dovessero emanare raggi Röntgen. Un altro fisico, il russo Niewenglowski aveva ottenuto sopra una lastra fotografica un'impressione con del solfuro di calcio e il Troost lo stesso con della *blenda*, che è un minerale assai complesso il quale contiene circa il quaranta per cento del suo peso di ossido verde d'uranio, mescolato ad un gran numero di altre sostanze, come arsenico, solfo, rame, cobalto e argento. Questo minerale, detto anche *pechblenda*, si

estraeva da molto tempo — da circa quattro secoli — in Boemia (a Joachimsthal) per ricavarne l'argento. In seguito, verso la metà del secolo scorso, se n'estrassero pure i sali di uranio, di un bel verde, per la preparazione dei colori.

Ora il professore Becquerel si pose a studiare se i corpi fosforescenti, oltre le radiazioni visibili, emettessero pure dei raggi invisibili capaci, come quelli di Röntgen, d'impressionare le lastre fotografiche. Nel mondo delle scoperte esiste un grande fattore al quale dobbiamo molte delle più sorprendenti: *il caso*. E anche questa volta il caso intervenne provvidenzialmente ad aiutare le ricerche dello studioso francese. Egli cominciò i suoi esperimenti adoperando appunto del sale di uranio. E trovò subito che questo sale, esposto al sole, impressionò difatti la lastra fotografica. Egli aveva posti i sali d'uranio, dopo averli tenuti al sole, sopra una lastra sensibile involta in carta nera e nell'oscurità. Provò pure a mettere fra i sali e la lastra una sottile lastra metallica, e l'impressione risultò egualmente. Ma il caso continuò la sua opera. Essendosi guastato il tempo il prof. Becquerel chiuse la lastra con sopra il sale uranico in un cassetto, aspettando che il bel tempo riportasse la luce solare per riprendere le esperienze. Durò varie settimane il tempo nuvoloso. Finalmente quando il sole ritornò a risplendere andò a cavar fuori la lastra. Maraviglia! Nella oscurità del cassetto i sali di radio avevano lavorato egualmente: la lastra era rimasta impressionata. La nuova scoperta era fatta! Poichè Becquerel ne dedusse che *dunque* queste radiazioni erano estranee alla fosforescenza prodotta dal sole e costituivano un fenomeno nuovo, legato alla intima costituzione di quella sostanza. E trovò che tutti i sali di uranio emettevano queste radiazioni. Fu allora che il professore Becquerel chiamò questa proprietà *radioattività*.

Era tra le allieve del professore una giovane polacca, la signorina Maria Sklodowska, la quale volle conoscere se altri sali emettevano questi raggi, e li scoprì nel *torio*, ch'è un metallo adoperato nella fabbricazione delle reticelle per i becchi a gas Auer. E se il nostro lettore vuol procurarsi con poca fatica il piacere di un esperimento convincente della radioattività del torio non ha che a prendere una delle note reticelle a gas, collocarla bene distesa sopra una lastra fotografica che avrà prima involta in carta nera, involgere no-

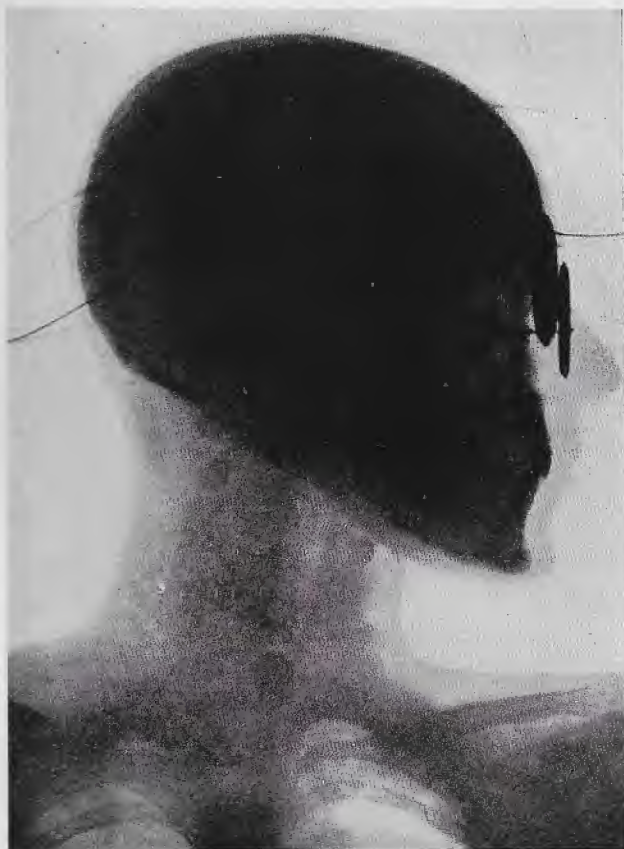
vamente il tutto in altra carta nera: dopo una quindicina di giorni egli troverà sulla lastra la visione fotografata della reticella. (Vedi pag. 209).

Intanto un altro giovane allievo del prof. Becquerel fu attratto da questi studi: Pietro Curie. Unitosi nelle ricerche con la signorina Sklodowska la sposò, e questa ammirevole coppia di sposi scienziati doveva ben presto far parlare tutto il mondo de' risultati

La figura dell'uomo...

degli studi compiuti insieme. Il lettore studioso può ritrovare le prime esposizioni delle loro scoperte nella tesi di laurea della signora Sklodowska-Curie che fu pubblicata a Parigi, nel giugno del 1903, su gli *Annali di fisica e di chimica* e poi raccolta in un volumetto dal Gauthier-Villars, e la relazione del marito sul *Giornale di fisica chimica*, volume I, pag. 409, della quale esiste pure una traduzione italiana del prof. A. Miolati, pubblicata dal Pallestrini di Milano, ma divenuta ormai rara.

Il prof. Curie pensò al modo di poter misurare le invisibili

radiazioni e finì per ideare un *elettrometro* che, lievemente modificato, serve ancòra oggidì. Egli si servì del ben noto elettroscopio a foglie d'oro. Come si sa queste foglie cariche di elettricità restano

.... e la sua radiografia.

molto tempo divergenti: ora se s'avvicina un sale di uranio le foglie ricadono lentamente. Questo fatto prova che l'azione radioattiva del sale rende l'aria conduttrice. In tal modo si può misurare la radioattività d'una sostanza osservando la rapidità con la quale le foglie d'oro s'accostano determinando un angolo fisso.

Si devono a questo semplicissimo strumento le scoperte importantissime che potè fare la signora Curie. Essa cominciò a stabilire che nei diversi sali di uranio e di torio la radioattività è nella proporzione diretta dei metalli che contengono, restando quindi estranei al fenomeno gli altri elementi che si trovano nel sale. Venne così alla scoperta del famoso *radio*. Studiando la *pechblenda* della miniera di Joachimsthal in Boemia trovò che in essa la radioattività appariva molto più intensa che non avrebbe dovuto essere per l'uranio che conteneva. Dovevano perciò trovarsi in essa delle sostanze nuove molto più attive di questo metallo. Dopo moltissimi studi ella riuscì ad isolare due corpi sino allora del tutto ignorati: l'uno, straordinariamente radio-attivo ma contenuto nella *pechblenda* in quantità così piccola che solo dopo molte fatiche riuscì ad isolare, fu quello che la signora chiamò, in onore della sua patria, *polonio*. L'altro, del quale riuscì a procurarsi, isolato, qualche milligramma da parecchie centinaia di chilogrammi di minerale e che calcolò *due milioni* di volte più attivo dell'uranio: ed è il celeberrimo ormai *radio*.

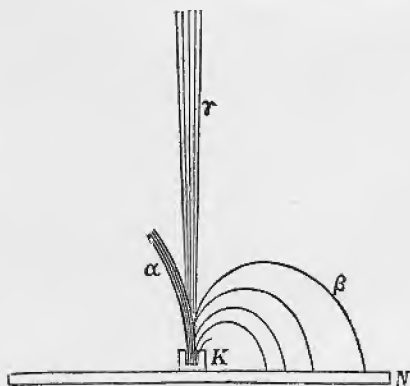
Si deve ai professori Debierne e Giesel, poco tempo dopo (nel 1899), la scoperta dell'*attinio*, che però sinora non s'è potuto ottenere allo stato puro. Oggi noi conosciamo una quarantina di altri corpi radioattivi, fra i quali sono tre gas. Ma, come per l'attinio, molti di essi esistono nel minerale che li contiene in quantità così estremamente piccola che non s'è potuto ancòra isolarli, e non si possono individuare che solo in base appunto alle loro proprietà radioattive. Ora è meraviglioso il fatto che la scienza moderna sia riuscita a poter valutare, a stabilire le proprietà chimiche ed il peso atomico di questi corpi che *mai si sono potuti vedere!* E non solo essi, ma neppure i loro sali, talmente sono minimi i pesi ch'essi rappresentano.

Se in un tubo Crookes mettiamo due elettrodi forati vedremo, durante il passaggio della corrente elettrica, uscire da questi fori altri raggi, oltre quelli catodici che già conosciamo, i quali prendono in contatto dell'aria un color rosso bruno. Sono i *raggi canali*.

Ora se mettiamo un pizzico di sale di radio *(bromuro di ra-*

dium) in un vaso di piombo — ch'è impermeabile ai raggi radioattivi — e lo copriamo con un disco forato come sopra, avremo un fascio di raggi che sono invisibili al nostro occhio. Se però lungo questo fascio di radiazioni disponiamo una lastra fotografica e ve la teniamo qualche tempo troveremo, sviluppandola, la fotografia di una linea diritta di raggi luminosi. Dopo questo se poniamo ai due lati del nostro fascio di raggi uscenti dal vaso che contiene il sale di radio due poli calamitati e prendiamo di nuovo la fotografia ci apparirà un nuovo fatto. Il fascio s'è diviso in altri tre che percorrono traiettorie differenti. E cioè uno dei raggi s'è mantenuto rettilineo mentre gli altri due si sono incurvati ciascuno dalla parte di uno dei due poli magnetici.

Sono le radiazioni del *radio.*

I raggi che si sono piegati a destra del magnete sono i raggi *beta* (β), quelli che si sono volti a sinistra sono i raggi *alfa* (α), e il piccolo fascio che non ha deviato e s'è mantenuto nella linea diritta costituisce i raggi *gamma* (γ).

K è una piccola quantità di un sale di radio: le diverse emanazioni quando sono sottoposte all'azione di una potente calamita assumono direzioni diverse: i raggi α sono deviati leggermente a sinistra, i raggi β fortemente a destra; i raggi γ (non influenzati) seguono un tragitto rettilineo.

Ciascuno di questi tre raggi hanno proprietà loro ben definite. Diciamo subito che i più penetranti sono i *gamma*. Se prendiamo come valore di base i raggi *alfa*, che sono i meno penetranti, avremo che i *gamma* posseggono *diecimila volte* la loro potenza di penetrazione. I *beta* invece non li superano che cento volte. Possiamo quindi stabilire questo rapporto di penetrazione per le tre sorta di raggi: i *beta* valgono cento volte gli *alfa*, ed i *gamma* cento volte i *beta*. E cioè 1 : 100 : 10.000.

Il fatto poi che i raggi *alfa* e *beta* sono stati deviati dal magnete ci dice ch'essi devono essere costituiti da particelle caricate elettrica-

mente. La loro direzione ci mostra che quelli *alfa* sono caricati positivamente e quelli *beta* negativamente. Con altre parole: i raggi *alfa* sono formati da elettroni positivi ed i *beta* da elettroni negativi. Circa la loro natura possiamo dire che i raggi *alfa* sono come i *raggi canali* che abbiamo detto sopra, i *beta* sono analoghi ai raggi catodici ed i *gamma* ai raggi X. Quindi gli *alfa* sono formati da piccolissime particelle materiali dotate di carica elettrica, i *beta* sono elettroni proiettati a velocità altissime ed i *gamma* vibrazioni elettromagnetiche.

Analizzando partitamente queste tre sorta di raggi s'è pervenuto a constatazioni importanti.

Dal punto di vista radioattivo i raggi *alfa* sono i più importanti. Essi trasportano quasi il *novanta per cento* dell'energia radiante totale ch'emette la sostanza radioattiva, mentre i *beta* e i *gamma* non valgono che qualche centesimo dell'energia totale della stessa. Gli *alfa* posseggono una velocità che oscilla (secondo la natura della sostanza radioattiva che li emette) dai quattordici ai *venti mila chilometri* al minuto secondo! Sono, questi, i meno penetranti; e difatti essi non riescono a passare attraverso ad un foglio di carta sottile od a fogli metallici superiori al millimetro. Mentre la lastra fotografica viene rapidamente impressionata dagli altri due raggi lo è pochissimo dagli *alfa* ed occorrono pose assai lunghe per averne traccia. Questi raggi *alfa* rendono luminosi i corpi fosforescenti che incontrano, ma anche in questo fatto avvengono fenomeni curiosi. Vi sono corpi fosforescenti (come il platino-cianuro) che sensibilissimi all'azione degli altri (come la blenda) sono eccitati dai raggi *alfa* e ben poco dagli altri. Una proprietà importante dei raggi *alfa* è quella di ionizzare l'aria (e in generale i gas), e cioè decomporne le molecole in particelle elettrizzate, dette *ioni*. Potere che appare in grado assai minore per gli altri due raggi.

Anche per questi raggi *alfa* ci s'affaccia uno dei soliti problemi ancòra insoluti. Fra le caratteristiche più strane di questi raggi è quella di non superare nell'aria che pochi centimetri dopo di che scompaiono bruscamente. Il *percorso* ch'essi compiono nell'aria è stato misurato: per i raggi emananti dai sali di radio esso non supera mai i 7 centimetri, alla nostra pressione atmosferica ed a 15° centigradi di temperatura. (Un po' maggiore appare nel torio:

cm. 8.6 sino a cm. 11,3 secondo Rutherford e Wood, come presto diremo). Il fatto è che i raggi *alfa*, superati questi pochi centimetri nell'aria, svaniscono. Ora è notevole che sino alla fine di questo loro breve cammino essi impressionano regolarmente la lastra fotografica, ionizzano l'aria e non presentano traccia d'indebolimento alcuno. Dove vanno a finire?...

Traiettorie dei raggi α del radio che all'estremità deviano.

(dal *Graetz*.)

Circa il maggiore cammino dei raggi del torio il Rutherford ed altri opinano che si debba attribuire a raggi secondari provenienti dalla disintegrazione della quale dovremo parlare più avanti. Ma in realtà il fatto, come dicemmo, è tuttora un mistero.

Caratteristica dei raggi *beta* è la enorme loro velocità, che s'avvicina a quella della luce: dai *cento mila* ai *trecento mila* chilometri al secondo! La loro natura è essenzialmente elettrica: difatti, già lo dicemmo, sono costituiti da elettroni negativi. La loro enorme velocità si misura mediante la deviazione in campi magnetici ed elettrici. Essi equivalgono ai rapidissimi raggi catodici.

Quanto ai raggi *gamma* il loro grande potere penetrante permette loro di attraversare grosse lastre di ferro e di piombo di parecchi centimetri di spessore: attraversano il nostro corpo perdendo ben poco della loro attività. Sono della stessa natura dei raggi X, e

non sono emessi che dalle sostanze che irradiano i raggi *beta*. Fu anzi verificato che i più veloci di questi ultimi sono sempre accompagnati dai raggi *gamma* più penetranti.

Questi raggi gamma però — scoperti nel 1900 dal Villard — costituiscono in fondo ancora un mistero per noi. Come lo sono, in massima, pure i raggi X ai quali vengono rassomigliati.

Nè i misteri finiscono qui. S'è scoperto che nell'irraggiamento di certe sostanze — come nel polonio — esistono insieme ai raggi suddetti altri minutissimi raggi nuovi che sfuggono ai comuni strumenti rivelatori delle radiazioni. Furono chiamati raggi *delta* (δ). Ma non se ne sa quasi nulla.

Traiettoria di raggi α in una lastra fotografica. Ingrandimento circa 500 volte. (dal *Pohl*).

Ancòra. I corpi solidi colpiti dalle radiazioni dei sali d'uranio si mettono ad irradiare alla loro volta nuovi raggi che si diffondono in tutte le direzioni. Che raggi sono?... Li studiò il prof. Becquerel e poi, ora in ultimo, il Mac Clelland e li chiamarono *raggi secondari*. Qualcosa si scoprì in essi: che manifestano proprietà diverse secondo che vengono provocati dai raggi *alfa* o *beta* o *gamma* che conosciamo. Ma anche di questi raggi tenuissimi ben poco di preciso si sa finora.

Ed ora invitiamo il nostro lettore a penetrare un poco più intimamente in questo così in gran parte ancòra per noi misterioso mondo delle luci invisibili: mondo trascendentale perchè i nostri occhi non arrivano a percepirlo ma solo la mente si sforza di conoscerlo come se lo vedesse.... E che ogni giorno, possiamo dire, ci si va disvelando sempre di più.

Ce ne ha sollevato i primi lembi che ce lo nascondevano quel veramente grande e geniale fisico inglese che è Rutherford, tuttora vivente. Disciolse egli un giorno un pizzico di bromuro di radio nell'acqua e fece poi evaporare la soluzione. E con sorpresa trovò che il residuo solido del sale ch'era rimasto in fondo al recipiente aveva perduto tutte, o quasi, le sue proprietà radioattive. Le famose radiazioni di prima erano scomparse quasi del tutto: i raggi *beta* e *gamma* non esistevano più, appena un debolissimo raggio *alfa* sopravviveva, ma ridotto appena ad un quarto della sua attività di prima. Dunque — ne dedusse — il sale di radio, sciogliendosi nell'acqua, perde quasi tutta la sua radioattività. Ma questa dov'era andata?... S'era involata nell'aria durante lo stato di soluzione. Così come il gas che si leva dal bicchiere ove abbiamo disciolto il citrato effervescente che beviamo in estate per rinfrescarci!

Due raggi *alfa*, uno di essi devia, l'altro no. (dal *Graetz*).

E Rutherford chiamò questa irradiazione che s'invola dal radio in soluzione la *emanazione del radio*.

Ma doveva ben presto fare una scoperta importante. Avvicinando a questo gas che usciva dal vaso della blenda (ch'è un solfuro di zinco) o di willemite (silicato di zinco) ed anche del platocianuro di bario, vide ch'esse divenivano fluorescenti, proprio come lo diventavano prima, esposte cioè alle radiazioni del radio. Allora provò una cosa decisiva: presentò al gas uscente dal vaso una lastra fotografica. E sviluppandola trovò ch'era rimasta impressionata, come lo veniva dai raggi che conosciamo.

E allora il Maestro concluse: durante la soluzione del sale di radio tutta la sua radioattività s'invola per l'aria, come lo farebbe un gas, anzi sotto la forma di un vero gas, e producendo tutti i fenomeni noti delle radiazioni del radio.

Allora ricordò un fatto. La signora Curie non era riuscita a darsi spiegazione di un fenomeno. Nel 1899 essa aveva scoperto

che avvicinando al radio altri corpi diventavano radioattivi ancor essi. Così un pezzo di carta, una lastrina di vetro, un pezzo di legno e di metallo, si mettevano, dopo essere stati vicini al radio, ad emanar raggi uguali a quelli di questo. La signora Curie aveva chiamato questo fatto *radioattività indotta*, a somiglianza del magnete che trasmette le sue facoltà al ferro al quale è stato avvicinato.

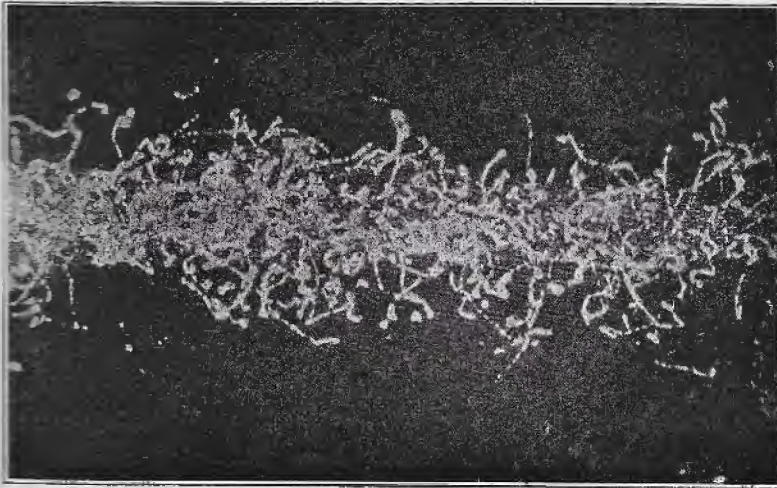
E Rutherford esclamò: — Ecco la spiegazione del fenomeno scoperto dalla signora Curie! E formulò la sua scoperta. Se mai avviciniamo ad una sostanza radioattiva un corpo succede questo fatto singolare: sulla sua superficie viene a depositarsi uno strato di *qualcosa di materiale* che noi non sappiamo bene e che ci convien chiamare, per dargli un nome, « principio attivo » il quale rende radioattivo il corpo.

Questo strato, sempre per chiamarlo così, fu poi detto in seguito *deposito radioattivo*. E che sia un vero e proprio strato e deposito sulla superficie del corpo reso così radioattivo lo si provò poi esaurientemente da questi fatti inoppugnabili. Avviciniamo un filo metallico alle emanazioni del radio: diventa subito radioattivo. Strofiniamo il filo con un panno: il filo non è più radioattivo. Ma lo diventa il panno! Segno evidente che il « principio radioattivo » ch'era sul filo se lo è portato via il panno.

Ancòra. Avviciniamo per un certo tempo un pezzo di metallo alle emanazioni del radio: esso diventa attivo. Laviamolo poi con un forte acido. Il pezzo di metallo perde tutta la sua radioattività. Dove questa va a finire?... Nell'acido. Difatti è il recipiente ove quest'ultimo è contenuto che diventa radioattivo. Possiamo anche riscaldare fortemente il nostro pezzo di metallo: e tutta la sua radioattività svapora col calore. Ma possiamo fare una cosa ancora più curiosa: invece di riscaldare direttamente nel fuoco il pezzo di metallo chiudiamolo prima in un recipiente ben otturato. Che avviene? Il pezzo di metallo sotto l'azione del calore perde la sua radioattività, e sapete dove questa va a rifugiarsi? Nell'angolo del recipiente meno riscaldato!

Tutto questo è in verità molto interessante. E ci dice come la radioattività sia una vera sostanza che può cambiar posto, che si può trasportare da un luogo all'altro e travasare da un recipiente in un altro. Difatti si può rinchiudere facilmente, come qualsiasi gas,

in un vaso od in un tubo. E vedremo i fenomeni bellissimi che ne derivano.

Intanto riassumiamo quanto sopra questo veramente meraviglioso gas-emanazione è stato studiato. Anzitutto non dura eterno: dopo qualche tempo ch'è stato emesso dalla soluzione dei sali di

Fotografia dei raggi X *(Wilson)*.

(dal *Graetz*).

radio esso svanisce. Per il radio dura circa quattro giorni (giorni 3,85 per alcuni e 5,57 per altri). L'emanazione del torio dura assai meno: dopo 54 minuti secondi già s'è ridotta alla metà. E meno ancora quella dell'attimo, la cui attività si dimezza dopo soli 3,9 secondi. Ora è stato tenuto conto di questi tempi nei quali le sostanze radioattive si riducono alla metà e furono chiamati *periodi*, e dovremo vedere in seguito la loro importanza. Da questo fatto intanto si deduce come questa « emanazione » dei sali di radio sia un vero e proprio *nuovo* corpo radioattivo, che esce dalle sostanze radioattive quali il radio, il torio, l'attinio e tutte le altre. Ma a differenza delle radiazioni dirette di queste, che conservano per un tempo incalcolabile le loro proprietà come vedremo tra poco, le facoltà della « emanazione » sono temporanee. La stessa cosa avviene

per la « radioattività indotta » e cioè quella che viene trasmessa dal radio ad altri corpi.

Diciamo ancòra che l'emanazione del radio viene chiamata *radon* e quella del torio e dell'attinio rispettivamente *toron e attinon.*

***

Il *radon* può venire raccolto, come ogni altro gas, in un tubo di vetro chiuso. E si deve a questo se Ramsay potè ritrovare nelle radiazioni del radio l'*elio*, il leggerissimo elemento, più leggero dell'idrogeno, che si trova nel sole — l'*elios* dei greci — e che per lungo tempo si credette non esistesse sulla terra. Invece nel 1895 Ramsay lo scoperse in alcuni minerali: e notò che questi contenevano tutti dell'uranio e del torio. Per naturale concatenazione d'idee il grande fisico arguì che, dunque, la sua presenza sulla terra doveva essere legata a quella del radio. Difatti, facendo nel 1904 l'analisi spettroscopica della luminosità prodotta in un tubo di vetro chiuso da una certa quantità d'emanazione di radio che conosciamo, vi trovò lo spettro dell'*elio*. Fu una grande scoperta, i cui effetti sulle nostre conoscenze su la costituzione dell'atomo delle materie vedremo nel capitolo che segue. Rutherford poi riuscì a dimostrare come le particelle *alfa* a noi ormai note sieno formate di atomi di questo preziosissimo elemento solare. Esse posseggono una massa atomica esattamente uguale a quella dell'elio.

Ma la grande, la capitale scoperta di Rutherford fu questa. Dopo aver disciolto il suo sale di radio nell'acqua, aver constatato l'emanazione radioattiva che ne vaporava, egli riportò di nuovo a secco la soluzione. E ne' residui solidi che ritrovò in fondo al vaso — ossia nel sale di radio depositato — verificò una cosa che non lo sorprese affatto. Il radio aveva perduto nella soluzione tutta, o quasi, la sua radioattività. Solo un debole raggio *alfa* persisteva. La cosa gli parve naturale. Ma doveva ben presto provare un grande stupore. Ritornato dopo qualche settimana ad osservare questo sale lo ritrovò di nuovo completamente radioattivo come prima! Vale a dire che nel frattempo esso aveva, giorno per giorno, riacquistate tutte le sue proprietà primitive. Provò a scioglierlo nuovamente nell'acqua: ritrovò l'emanazione radioattiva dell'altra volta, la perdita ne' re-

sidui e il riacquisto completo dopo qualche tempo!.... E la cosa si ripetè sempre così. Il fatto è, senza dubbio, meraviglioso. Dove riacquista il suo potere di radiazione il radio che già ha evaporato quello che possedeva sotto la forma di emanazione che conosciamo?... Ma le domande, davanti ai misteriosi fenomeni del radio, si susseguono. Da un corpo solido, quale è il radio, e cioè un metallo, è nato un altro elemento, un gas che gli porta via oltre i due terzi delle proprietà, giacchè s'è scoperto che delle 135 calorie circa che in un'ora produce un grammo di radio, *cento* vanno via con l'emanazione. Questa, dopo qualche tempo, sembra svanire, ma in realtà non è così: essa si trasforma a sua volta. Difatti sulle pareti del tubo in cui l'emanazione viene imprigionata si osserva un nuovo corpo, non più gassoso ma nuovamente solido; e sarebbe, questo, il « deposito radioattivo » che la signora Curie chiamò *radioattività indotta* e che noi paragonammo ad uno strato che con un panno si può togliere a piacere. Ma non basta: anche questo terzo corpo fu veduto trasformarsi in un quarto... e così di seguito per ben nove trasformazioni successive! Ed ecco sorgere la grande teoria moderna della *trasmutazione della materia*, il vecchio sogno del povero alchimista medioevale che la Natura, quando meno lo pensavamo, ci ha mostrato esistere, fatto realtà, nel suo seno!

Ed ora accompagniamo il nostro lettore in questa per noi ancòra strana evoluzione della materia, quale ce la presenta questo magico metallo sino a ieri, si può dire, ignoto agli uomini.

In una prima sua scomposizione il radio, dunque, dà origine ad un gas, come esso radioattivo, ch'è il *radon*. Questo dopo poco tempo della sua vita si depone sulle pareti del recipiente che lo contiene — vaso o tubo — e diventa un terzo corpo radioattivo che fu chiamato *radio A*. Ma è tanto tenue la sua composizione che la nostra vista non lo percepisce più: ne vediamo solo gli effetti, e cioè la radioattività ch'emette che chiamiamo, con la signora Curie, *radioattività indotta* sul recipiente.

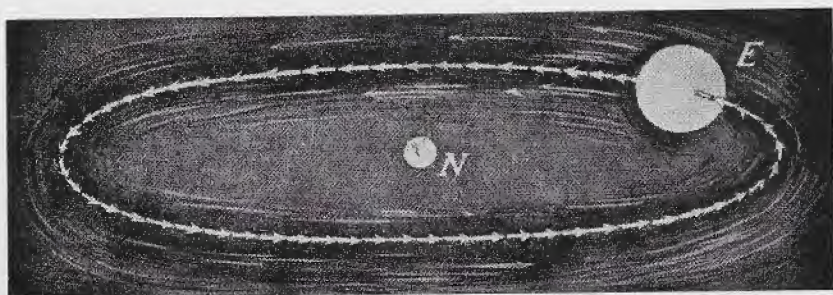
Come avviene tutto questo? Cerchiamo di penetrarne il misterioso meccanismo. Teniamo intanto presente che il peso atomico

del radio (ch'è un metallo della natura del bario) fu valutato 226, e che quello dell'*elio*, scoperto nei raggi *alfa* da Ramsay è 4.

Nel primo passaggio del radio in emanazione, ossia in gas, è avvenuta l'espulsione violenta dall'atomo radioattivo d'una particella *alfa*, ossia di un atomo di *elio*. L'atomo di radio emanato, dal peso atomico di 226 è divenuto 222 per la perdita dei 4 dell'atomo d'elio. L'emanazione depositandosi sulle pareti del vaso o del tubo, ossia ridiventando solido, perde una particella *alfa* (che vale 4) e da 222 che era diventa 218. Ed è il *radio A*. Ma abbiamo detto che la trasformazione continua: e continua così, sempre perdendo un atomo d'*elio*, sino ad un elemento finale che fu chiamato *stabile*. Precisiamo: l'uranio, che contiene il radio, passa attraverso a tutte le disintegrazioni che abbiamo detto, discendendo dal suo peso atomico, che è di 238, sino a quello di 206. Ora il chimico vi dirà che 206 è il peso del piombo. È in tal modo, attraverso successivi passaggi, che da l'uranio è venuto il piombo!...

Siamo di fronte alla famosa teoria che porta il nome di Rutherford e di Soddy sulla trasformazione di un corpo in un altro. Essa ci dice: un elemento radioattivo si trasmuta, distruggendosi gradualmente, in modo continuo dando origine a nuovi elementi.

Perchè il nostro lettore comprenda questa legge — piena di meravigliose conseguenze — ci conviene ritornare brevemente all'atomo. Là dove parleremo della *Sintesi dell'universo* ci soffermeremo largamente sopra l'analogia, che già accennammo nel capitolo precedente, che i fisici moderni ritrovano fra l'atomo ed il sistema dei pianeti che gravitano intorno al sole. L'atomo avrebbe una forma *planetaria*: e cioè un nucleo materiale, caricato di elettricità positiva, circondato da un'aureola di elettroni che gli gravitano intorno, di carica diversa. Il numero di questi elettroni — che varia per ogni elemento — costituisce il *numero atomico* che dà le proprietà chimiche, la valenza e la classificazione del corpo. Ora dal punto di vista chimico tanto il radio che tutti gli altri corpi radioattivi non differiscono dagli altri corpi semplici da noi conosciuti. Il loro atomo — considerato come atomo ed esternamente — è chimicamente pari a tutti gli altri atomi. Dove risiedono dunque le caratteristiche e sorprendenti loro proprietà?... Ci risponde il fisico moderno: nel nucleo. Esso contiene un certo numero di

corpuscoli con carica positiva, vicinissimi uno all'altro ed equilibrati da elettroni negativi che impediscono loro di respingersi e li trattengono con la loro attrazione. È questo il fatto che convalida l'analogia dell'atomo col sistema solare. Le forze che agiscono tra gli elettroni ed il nucleo nonchè tra gli elettroni fra di loro sono — come ci conferma il Prof. Enrico Fermi — le forze elettroniche, le quali per la legge di Coulomb sono inversamente proporzionali al quadrato della distanza, precisamente come quelle d'attrazione che si esercitano fra i pianeti e il sole e tra i pianeti uno con l'altro.

Configurazione dell'atomo neutro dell'idrogeno; il nucleo ha una sola carica positiva; quindi l'elettrone negativo è uno solo e i due si neutralizzano.

Però la meccanica dell'atomo è resa più complicata di quella del sistema solare da un fatto: e cioè che mentre il moto di un pianeta può con notevole approssimazione considerarsi avvenire sotto l'azione della sola attrazione verso il sole, trascurando le perturbazioni relativamente piccole dovute alle forze esercitate su di esso dagli altri pianeti, la somma delle cui masse è molto più piccola della massa del sole, questo non è nel caso degli atomi. Poichè la carica elettrica complessiva degli elettroni è uguale a quella del nucleo e quindi la forza esercitata su un elettrone dagli altri elettroni è dello stesso ordine di grandezza della forza esercitata su di esso dal nucleo (Fermi).

Ma dobbiamo anche dire — e rientriamo in tal modo negli enimmi de' quali è argomento il nostro libro — che in realtà noi non sappiamo proprio niente dell'intima costituzione di questo insieme nucleare con i relativi satelliti elettroni. Sappiamo che il nucleo resta sempre positivo, e perchè questo avvenga l'intuizione ci porta a

credere che il numero degli elettroni negativi di esso debba essere inferiore alla carica totale dei corpuscoli positivi.

Ora la radioattività avrebbe origine da questo fatto: sotto l'azione di cause che — lo si noti bene — *finora ci sono ignote*, il nucleo *esplode*, espellendo con enorme rapidità un certo numero di particelle di *elio* (e sarebbero i raggi *alfa*) dagli elettroni, i raggi *beta*, e dell'« energia » sotto forma di radiazione (che sarebbero i raggi *gamma*). Ma questi atomi che *esplodono* non si distruggono mai per intero. Dopo che il nucleo ha espulso l'*elio* e qualche elettrone si riorganizza. Gli elettroni che lo costituiscono prendono una nuova

Collisione di elettroni.

(da *Eddington*).

configurazione d'equilibrio diversa dalla primitiva e atomicamente meno pesante, pel fatto che da essa sono state espulse delle particelle *alfa*, che sono le sole che nell'atomo hanno un peso. Ricordiamo a questo punto quel che già dicemmo: i raggi *alfa* sono formati da piccolissime particelle materiali — e cioè di *elio* — dotate di carica elettrica positiva, i *beta* sono elettroni proiettati a grandissima velocità ed i raggi *gamma* vibrazioni elettromagnetiche. Ora, la trasformazione suddetta nell'elemento radioattivo avviene soltanto per alcuni de' suoi atomi, sempre sopra quelli non ancora trasformati, in una misura determinata ed in un dato tempo. Sopra un milione circa di atomi di radio uno solo se ne decompone per giorno: gli altri, alla loro volta, si disintegreranno ne' giorni seguenti.

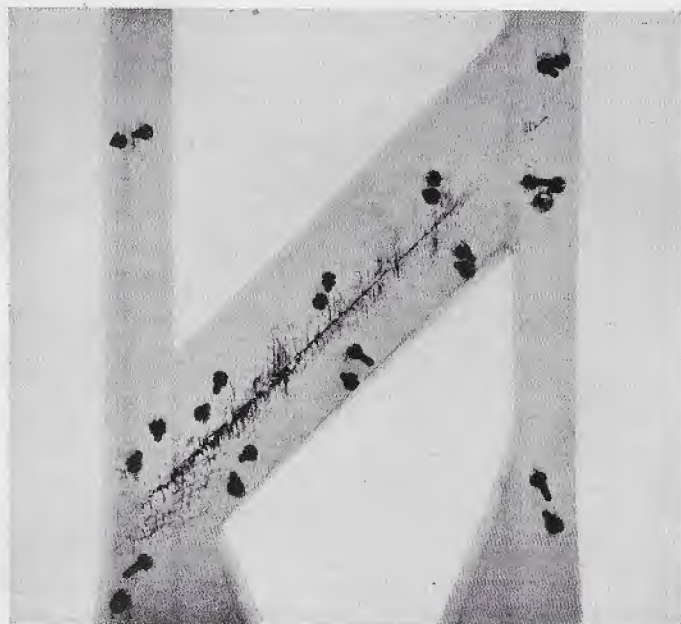
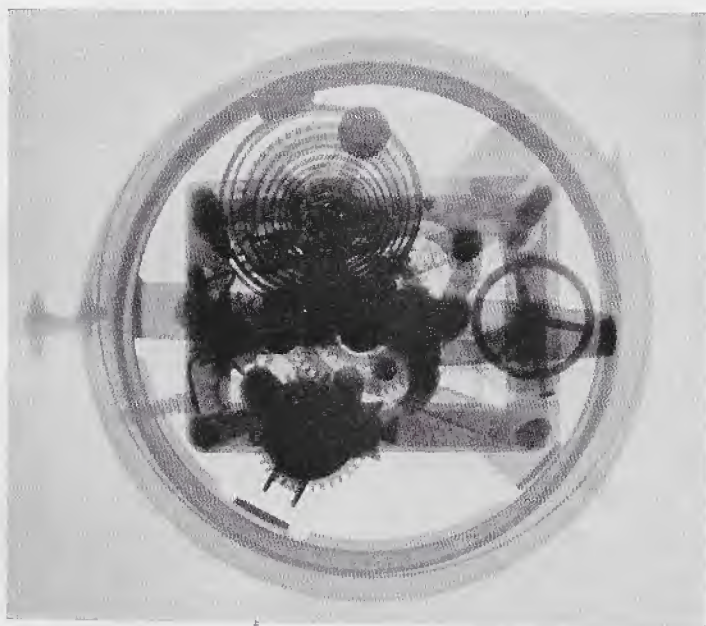
S'è potuto calcolare il rapporto ch'esiste fra il numero di questi atomi che si scompongono in un dato tempo e quello degli altri che

Radiografia di una rana.

restano inalterati, e s'è veduto che questo rapporto è assolutamente *costante*. A differenza di quanto avviene nelle reazioni puramente chimiche, le quali possono venire modificate da certi fattori esterni, quali la temperatura, la luce, la pressione ed altri ancora, nessun agente esterno ha potere in questo intimo lavorìo della scomposizione degli elementi radioattivi. Il radio si può trovare incorporato in qualsiasi composto vogliamo, esposto alle condizioni più diverse: il suo modo di disgregarsi resta sempre fatalmente legato al numero degli atomi che lo formano.

Tutti questi fatti mettono il fenomeno della disintegrazione del radio in un ordine nuovo, del tutto a sè, fra gli avvenimenti naturali che già conoscevamo. Vi fu chi tentò di farlo rientrare ne' processi noti della chimica classica: e cioè considerare il radio come una semplice combinazione del *radon* con l'*elio*. Ma ne venne subito fuori la smentita recisa. Se il radio fosse un, diciamo pure così, normale composto dell'elio, analizzando lo spettro luminoso sullo stesso prodotto dall'azione della scintilla elettrica, questo presenterebbe le caratteristiche linee di cotesto elemento. Invece no: lo spettro del radio, che presenta molte analogie con quello del bario, è del tutto diverso da quello dell'elio: non una linea è con questo comune! Dunque si tratta di un elemento affatto a sè.

Ed a questo punto il fisico ricade nelle domande senza risposta. Se paragoniamo l'atomo del radio, con i suoi piccolissimi elementi che lo formano, ad una riunione, una famiglia di esseri viventi, ci viene naturale una considerazione. Quando uno dei membri scompare, e cioè muore, è sempre per una ragione, ahimè, ben definita: vecchiaia, malattia, un accidente mortale. Nel caso della famiglia che compone l'atomo del radio quale può essere la causa intima della sparizione d'uno dei suoi membri?... Se, nella vita di questo atomo, esistessero delle vicissitudini a noi ignote ma che possiamo raffrontare alla nostra vecchiaia, malattia od accidenti mortali, certamente esse darebbero un andamento tutto diverso al fenomeno della disintegrazione. Le ultime induzioni portano a credere che una certa legge presieda a questa trasformazione. Ma è una legge paradossale perchè sarebbe la negazione della legge: *il caso*.

Intanto v'è chi ha cercato di spiegare il fenomeno della scomposizione degli elementi con delle ipotesi nuove. Così il Perrin pensa

Radiografie curiose.

La prima, a sinistra, è la radiografia di una sveglia, la seconda quella di un pezzo di aeroplano con un giunto nascosto e proibito.

(dal *Graetz*).

ch'esso possa avvenire per opera delle misteriose radiazioni, a noi ancòra ignote, provenienti dal centro della terra ed alle quali dovremo ritornare più avanti. Laggiù — egli ci dice — sotto l'azione della elevatissima temperatura e delle formidabili pressioni della massa terrestre esiste forse *una chimica* tutta diversa dalla nostra. Ma noi, che viviamo sulla superficie del globo, non possediamo, sinora almeno, nessun mezzo per poter conoscere sperimentalmente quel che avviene in que' baratri tanto lontani dalla nostra vita. E così anche la « chimica degli abissi terrestri » resta, come la costituzione di questi, un enimma per noi...

Come è un enimma per noi la vera causa della trasformazione della materia, della quale la scoperta del radio ci ha sollevato appena un lembo. Ma è tutto un campo aperto agli studiosi di domani. Verrà il giorno in cui le fonti di tutte le misteriose energie che sono intorno a noi e delle quali profittiamo senza conoscerle, ci avranno rivelato il loro segreto?... E sarà, fra questa rivelazione, anche quella che ci darà il mezzo di adoperare a nostro vantaggio — come già abbiamo saputo fare con la misteriosissima elettricità — la potenza formidabile che presiede alla decomposizione degli elementi?...

***

Possiamo intanto concederci di spaziare tra le meravigliose energie che il radio ci ha rivelate.

La disintegrazione d'un milligrammo di radio libera un'energia superiore un milione di volte a quella sviluppata in genere dalla reazione chimica, dello stesso peso, di qualsiasi altro composto da noi sinora conosciuto, per esempio del carbone. Un grammo di radio sviluppa in un'ora 135 circa calorie, e cioè: il calore necessario per fondere in un'ora una massa di ghiaccio superiore al proprio peso; portare una quantità d'acqua da zero gradi a cento, ossia sino alla ebollizione, e produrre la forza sufficente per elevare il proprio peso ad oltre trenta chilometri d'altezza. In un anno, un grammo di radio puro libera *un milione e centosessanta mila calorie*. Ma c'è di più: nella sua completa trasformazione ed in un solo anno esso svolge questo numero imponente di calorie: *tre miliardi!* Che vorrebbe dire tanta energia quanta ce ne può dare una mole di carbone *trecento-*

La ferrigna poesia dell'audacia meccanica.
(Lanciamento di un aeroplano da una nave).

sessantamila volte maggiore. E siccome la vita media del radio è valutata, in cifra tonda, 2500 anni il lettore può fare il conto.

Per l'uranio — che vive *otto miliardi di anni* — la cosa diventa molto maggiore. Un solo ettogramma di questo fantastico metallo tiene immagazzinata l'energia di circa quaranta tonnellate di carbone!

Per ritornare al radio sappiamo ch'esso emette tanto calore quanto ne possono svolgere 24 grammi di gas idrogeno. E tutto questo, si noti, senza mai alterarsi nè perdere nulla del proprio peso! Poichè ormai è assodato che non solo il radio non perde mai, con il tempo, la sua energia, ma che questa tende anzi ad aumentare durante i primi anni della sua preparazione, tendendo verso un limite che è all'incirca cinque volte più grande dell'attività iniziale. Questo fatto mette questo meraviglioso elemento in un mondo affatto a sè e gli dà modo di sviluppare in un dato periodo di tempo un'energia centinaia di volte superiore a qualunque altra prodotta da un egual peso di qualsiasi sostanza conosciuta. Potrebbe paragonarsi ad un pezzo di carbone che dopo bruciato è più attivo che mai e può, per un numero grandissimo di anni, rifornire sempre lo stesso ed anzi maggior calore!

La nostra sorpresa aumenta se prendiamo a considerare la sua emanazione che sappiamo. Il *radon* possiede un'energia quasi tripla di quella del radio dal quale proviene. L'energia totale ch'emette la trasformazione completa di un grammo di radio in elio e piombo possiamo valutarla pari a questo numero sbalorditivo di calorìe: *tremila e settecento milioni*. Ramsay e Cameron hanno calcolato che quest'emanazione del radio è capace di sviluppare tre milioni di volte le calorìe prodotte da un eguale volume del così detto *gas tonante*, ch'è il miscuglio dell'idrogeno ed ossigeno combinato nelle proporzioni che forma l'acqua. Questo gas — ch'è uno dei più potenti esplosivi — avvicinato ad una fiamma esplode con grande violenza, perchè il volume di vapor acqueo che istantaneamente si forma occupa ben novecento volte quello che occupavano i due gas. Altri calcoli più recenti ci dicono che, a volume eguale, l'emanazione del radio è capace di liberare nella sua vita totale un'energia pari a *dodici milioni di volte* quella dell'esplosione del suddetto miscuglio di idrogeno ed ossigeno.

Ora supponiamo che un mago moderno abbia la possibilità di rinchiudere in una bomba di vetro un litro di questo *radon*. Egli possederebbe lo spaventevole mezzo di distruggere in pochi secondi tutto quanto lo circonda. Difatti ogni cosa verrebbe istantaneamente, con l'esplosione della sua formidabile bomba, trasformata in vapore! Come si vede, i romanzieri d'oggi che vanno cercando nelle nuvole i soggetti per i loro racconti di fantasia, possono trovare nella scienza moderna argomenti ben più fantastici d'ogni qualsiasi imaginazione...

Un altro campo di energia formidabile è nascosto nella trasformazione degli elementi. Se noi potessimo ottenere rapidamente il lento processo di trasformazione che porta un elemento a tramutarsi in un altro con il radio, per esempio quello di un metallo, ci faremmo padroni di energie fantastiche. Ci ha detto Ramsay: ci basta l'energia che si svilupperebbe da un solo grammo di rame per far funzionare da sola, per un giorno intero, tutte le ferrovie inglesi!...

Un altro campo di meraviglia e di numeri sbalorditivi lo ritroviamo nella velocità che assumono i vari raggi radioattivi partenti dal corpo che li emette.

Sappiamo che la velocità maggiore appartiene ai raggi *beta*. Essa si avvicina a quella della luce, che è trecentomila chilometri al secondo, tanto da non poter distinguerla da questa. E se riflettiamo che queste particelle *beta* sono le più piccole d'ogni altra che conosciamo, è davvero sorprendente come la loro velocità sia, in compenso, maggiore di qualsiasi altra che possiamo attribuire a corpuscoli materiali.

Rutherford ci ha dato le velocità iniziali dei raggi *alfa* corrispondenti alle quattro serie delle sue radiazioni. Quella proveniente dal radio primitivo è di 16.100 chilometri al secondo; di 17.400 chilometri quella veniente dall'emanazione o *radon*, di 18.200 chilometri quella del prodotto successivo, detto radio *A*, e di 20.600 chilometri, e sempre per minuto secondo, quella della quarta trasformazione, ossia del radio *C*. Come si vede, senza raggiungere quella veramente colossale dei raggi *beta*, sono sempre velocità fantastiche. Per darne un'idea tangibile al lettore basta ricordare il paragone che fu fatto tra il cammino che può percorrere una di queste particelle *alfa* in un minuto secondo con quello d'una stella

filante più veloce; che s'aggita dai trenta ai sessanta chilometri per secondo. Se uno di cotesti meteoriti volesse compiere un *match* di corsa con una delle nostre particelle *alfa*, partendo insieme dalla nostra terra, il *record* sarebbe conquistato senza nessuna fatica dalla particella *alfa*. Pensate: mentre la stella filante non avrebbe toccata che la luna la nostra particella già sarebbe arrivata al sole! E cioè 384.000 chilometri per la stella contro i 150 milioni di chilometri, in cifra tonda, percorsi dalla nostra *alfa* formata dal radioso *elios*.

Altra fonte di curiosità numeriche c'è offerta dalla quantità di radiazioni emesse dal radio. Ci basti dire che un solo grammo di questo — ed è sempre Rutherford che ce lo insegna — libera *trentaquattro miliardi* di elio al minuto secondo! L'elio liberato annualmente da un grammo di radio è nella proporzione di 39 metri cubi, che nella totalità delle sue disintegrazioni salgono a 156 metri cubi.

Abbiamo accennato alla durata della vita radioattiva del radio. I fisici moderni chiamano *vita media* di un atomo la *durata* in media dell'esistenza d'un atomo preso in un gruppo a partire da un istante qualunque. Ricordando dunque che l'uranio è il generatore primitivo del radio la sua vita è stata calcolata 8 miliardi. Esso emette i raggi *alfa* e dà origine all'uranio X che dura appena 35 giorni. Il *brevium* (o Uranio X_2) proveniente dal precedente per l'emissione di raggi *beta* ha l'effimera vita di poco più di un minuto e mezzo (1,65), ma si trasforma con l'espulsione di raggi *beta* e *gamma* nell'Uranio II che vive *tre milioni* di anni. Questo emette raggi *alfa* e produce l'*ionio* che ha una vita media di oltre centomila anni, e che a sua volta, con l'emissione di raggi *alfa*, genera il *radio*. Questo ha una vita di 2500 anni in cifra tonda (2440). La sua emanazione, il *radon*, non dura, lo sappiamo già, che cinque giorni e mezzo: dopo di che viene la serie dei radii la cui durata vitale è quanto mai diversa: essa va da pochi minuti (per radio *A* circa quattro, 38 per il *B*, 28 per il C) alla estremamente breve vita del radio C', che non dura che *un milionesimo di secondo!* Invece il radio *D* esiste per 24 anni e quello che lo segue (il radio *E*) 7 giorni. Il Polonio, che sarebbe il radio *F*, e cioè quello che la signora Curie trovò pel primo nella pechblenda, prima ancora della scoperta del radio, vive circa duecento giorni. Esso ha caratteri chimici simili

Scendono a noi dalle immensità siderali fasci d'onde che non sappiamo...

(Nebulosità oscure nel « Toro »).

(Fot. *Yerkes*).

al bismuto, e difatti la signora Curie riuscì a trovarlo separandolo dal bismuto incorporato nella pechblenda. Diciamo pure che subito dopo il Polonio, o radio *F*, viene il bismuto, seguito (per i pesi atomici) dal piombo, dal tallio, dal mercurio... Il piombo però si ritiene — almeno sino ad ora — come l'ultimo prodotto della disintegrazione del radio. Questo piombo derivato dal radio è stato trovato in abbondanza nell'*uraninite*, minerale scoperto nel Dakota del Sud.

La vita dei minerali radioattivi ha dato modo, come si sa, di poter calcolare, molto approssimativamente ben inteso, l'età della nostra terra. Ramsay applicando i dati di sopra alle rocce uraniche ha dato loro un'età di circa 1600 milioni d'anni, dalla quale si può dedurre quella della crosta terrestre. È da notare che questa quota corrisponde a quella che geologicamente è stata calcolata partendo da un altro procedimento, e cioè considerando le montagne come effetto della *piega* subìta dalla scorza terrestre allorchè, secondo la teoria del Laplace, dovette contrarsi per effetto del raffreddamento. Riducendo in chilometri quadrati la superficie totale delle catene di montagne essa fu riscontrata pari ad *un centesimo e mezzo* di quella di tutto il globo. Calcolando l'accorciamento corrispondente che dovette subire il raggio terrestre per arrivare a questo risultato si trovò ch'esso dovette essere un poco più di un centesimo del suo valore. Ora questa contrazione corrisponderebbe ad un abbassamento di temperatura di oltre *trecento* gradi, che avrebbe richiesto quasi duemila milioni d'anni. Come si vede i dati si corrispondono. Possiamo quindi concedere alla nostra Terra un'età, all'incirca, di un paio di miliardi d'anni.

***

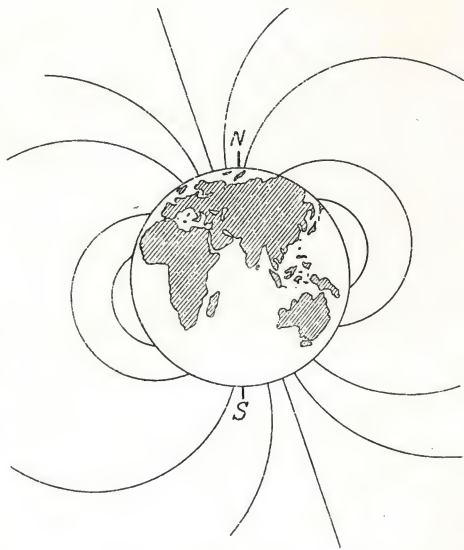
Scendono su di noi dall'universo invisibile miriadi di radiazioni misteriose. La terra n'è bombardata continuamente. Esse penetrano dappertutto: il luogo più chiuso, il recipiente di metallo più ermeticamente sottratto a qualsiasi passaggio dal di fuori ne vengono invasi. Non v'è ostacolo di pareti ferrate che s'opponga ad esse. Da dove ci vengono? Non lo sappiamo. Non possiamo che seguire le ipotesi con le quali gli scienziati che le hanno scoperte in questi ultimi anni cercano di spiegarle.

Fu nel 1903 che due fisici inglesi, Mac Lennan e Burton, rimasero assai sorpresi constatando che un elettroscopio carico, ben rinchiuso entro un riparo metallico dello spessore di parecchi centimetri, e quindi sottratto ad ogni influenza esterna, si scaricava egualmente come se fosse in piena aria.

Occorre sapere che gli elettroscopi comuni si scaricano in contatto dell'atmosfera pel fatto che l'aria si ionizza e quindi diventata buona conduttrice sottrae ai conduttori la carica elettrica. Ma se noi ripariamo questi conduttori entro un recipiente ben chiuso il fatto non dovrebbe più avvenire, perchè l'aria fatta prigioniera con essi non dovrebbe aver modo di ionizzarsi. Invece si vide, come dicemmo, che la dispersione di scarica avveniva egualmente, con una perdita di circa il trenta per cento. Riferito il fenomeno a Rutherford e Cooke la cosa fu presa a studiare unitamente ai maggiori fisici dei nostri giorni. Si costruirono all'uopo camere di ionizzazione ermeticamente chiuse, entro le quali venne posto il conduttore di metallo perfettamente isolato e carico, che si fece poi comunicare con un elettroscopio esterno. Sappiamo già come sono costituiti questi delicati strumenti rivelatori della corrente elettrica, con le loro foglioline metalliche che sotto la carica s'abbassano divergendo. Portati in alta montagna si vide che sino a circa duemila metri la perdita pareva diminuire. Dal che venne quella prima ipotesi del Perrin che attribuì la scarica all'azione di radiazioni ignorate ma molto penetranti provenienti dal centro della terra. Ma si vide poi che innalzandosi oltre i due mila metri la ionizzazione dell'aria entro il recipiente chiuso veniva sempre più aumentando.

E si arrivò così alle decisive esperienze degli ultimi anni. Gockel mandò lo strumento in pallone sonda sino ai 3900 metri d'altezza e mostrò che la fuga della carica avveniva come al livello terrestre, col che provò come la causa non dovesse attribuirsi alle radiazioni terrestri del Perrin. Dal 1912 al 1914 due altri fisici tedeschi, Hess e Kohlhorster, rinnovarono le esperienze del Gockel e inviarono elettroscopi ad oltre 9000 metri. E si vide che la dispersione della carica elettrica aumentava in essi innalzandosi. E si cominciò a pensare che queste potenti radiazioni sconosciute dovessero pervenirci dalle altissime regioni celesti. Ma venne la guerra e gli studi vennero sospesi.

Solo nel 1922 cominciarono le famose ricerche dei due americani dott. Millikan e Bowen. Esse furono quanto mai delicate e meticolose. I due scienziati cominciarono con l'inviare gli spettroscopi corazzati, sopra palloni sonda, sino all'altezza di oltre i 15.000 metri. Ed i fatti osservati precedentemente furono confermati. Ma occorreva schiarire vari dubbi affacciati: tra i quali l'influenza che potevano avere i raggi solari sopra il fenomeno. E Millikan, munitosi di elettroscopi riparati da un forte involucro di piombo — ben undici centimetri di spessore in alto e la metà ai fianchi — portò, in unione con Russel Otis, le sue sperienze in montagna. Scalò dapprima, nel 1923, le vette del Pike's Peak e in seguito, nel 1925, quelle del monte Whitney (negli Stati Uniti) dell'altezza di oltre i quattromila metri. Quivi fece le sue esperienze più decisive. Si trattava di decidere da dove la nuova radiazione provenisse, posto che così in alto non vi giungano più, o assai debolmente, quelle terrestri. E ricorse ad una precauzione. Pensò d'immergere i suoi elettroscopi corazzati nell'acqua. Ma occorreva acqua non proveniente da sorgenti terrestri, perchè queste possono contenere particelle di sostanze radioattive raccolte nel loro viaggio sotterraneo. E trovò la soluzione nei laghi del monte Whitney, ch'è la più alta elevazione degli Stati Uniti, i due laghi Muir e Arrowhead. Il primo è posto a 3540 metri sul versante del monte e le sue acque provengono esclusivamente dallo scioglimento delle nevi: si possono quindi considerare come pure e perciò inattive. Il lago Arrowhead è posto più in basso, a metri 2100. Tenendo presente la differenza di altitudine fra i due laghi, Millikan trovò che occorreva, nel primo, affondare gli elettroscopi sino a 15 metri e nel secondo sino a 13 metri sotto il livello dell'acqua perchè essi non sentissero più l'influenza delle misteriose radiazioni, e cioè non perdessero più la carica. E ne trasse queste conclusioni: i due metri di differenza nell'immersione nei due laghi corrisponde a quella dello strato d'aria ch'è interposto fra i due laghi. Ora, tenendo presente che confrontando l'intensità delle radiazioni ignote osservate in montagna con quelle dal Millikan verificate nel suo laboratorio (a Pasadena) egli aveva trovato che la intensità di queste ultime è quasi *la metà* di quella misurata in alta montagna, ne dedusse vari fatti importanti. Anzitutto ch'esse sono di provenienza esterne alla terra: che ven-

gono assorbite dall'atmosfera; che riducendo questo potere assorbente dell'atmosfera in equivalenti metri d'acqua, occorrono *sette metri* d'acqua per eguagliare lo spessore di tutta l'aria che avvolge la terra. Per cui, per arrestare completamente l'azione delle nuove radiazioni, occorrono i 15 metri dell'acqua verificati nel lago Muir più i 7 dell'atmosfera, ossia 22 metri di spessore d'acqua. Ora questi 22 metri d'acqua corrispondono a poco più di m. 1,80 di piombo. Ne viene che per difendere l'aria rinchiusa con il conduttore entro il riparo da coteste radiazioni occorre una camera di piombo dello spessore di quasi due metri di spessore! Ora questo ci dà un'idea della grandissima forza di penetrazione di queste radiazioni che ci vengono da lontano. Basta ricordare che per arrestare i più penetranti raggi X che conosciamo è sufficiente una lastrina di cm. 1,25.

Il campo magnetico della terra.
(dal *Pohl*).

***

Il Millikan espose nel 1925 i risultati suddetti da lui ottenuti con queste parole: « Noi siamo in presenza di raggi che vengono alla terra dagli spazi interstellari e tanto penetranti da poter traversare l'equivalente di m. 20,40 d'acqua, e cioè m. 1,80 di piombo ».

Dobbiamo però anche dire che sino dal 1921 all'*Accademia delle Scienze* di Parigi (seduta del 20 maggio) veniva presentata una comunicazione del fisico Nodon che cominciava con queste parole: « Ultra-radiazioni dotate di un grande potere di penetrazione ven-

gono emesse dalle regioni superiori... ». Il Nodon in seguito spiegava come esse venissero rivelate da un istrumento costruito dal Richard, il *geo-elettrometro*, e concludeva: « Queste ultra-radiazioni, di natura ignota, posseggono un potere penetrante considerevolissimo, tanto da attraversare con grande facilità qualsiasi ostacolo, spessore di muraglie, fabbricati interi, nonchè lastre metalliche assai spesse ». Pochi mesi dopo (4 ottobre 1921) lo stesso Nodon, con altra relazione, esponeva le relazioni intime che, secondo la sua opinione, devono esistere fra queste radiazioni di origine cosmica ed i fenomeni terrestri, quali i forti turbamenti di atmosfera, le correnti telluriche, le azioni elettriche e magnetiche, ed altre simili.

Verso la fine del 1926 e nell'estate del 1927 altre indagini furono riprese nelle Ande della Bolivia e nei laghi della California. Specialmente queste ultime, compiute dal Millikan e dal dott. Cameron, furono assai ricche di risultati. Facendo uso di elettroscopi sensibilissimi e molto perfezionati i due scienziati riescirono a stabilire che sino a *cinquanta metri* d'immersione nelle acque del lago Gem gli strumenti risentivano l'influenza delle lontanissime radiazioni cosmiche. Solo oltre questa profondità l'aria contenuta negli apparecchi non veniva più ionizzata. Pensate dunque: la forza penetrativa di questi raggi è tale da oltrepassare una parete di piombo dello spessore di *cinque* metri! E occorrono *cinquanta milioni* di Volts per generare onde simili...

E con le parole stesse del dottor Millikan, che ce le ha rivelate, diamo le conclusioni che — sino ad ora — possiamo formulare sopra queste incommensurabilmente lontane radiazioni invisibili che ininterrottamente, giorno e notte, e da tutte le direzioni scendono a noi dalle lontanissime plaghe oltre stellari:

— I raggi più penetranti che sinora noi abbiamo conosciuti, quelli *gamma* del radio e del torio, ci risultano come trasformazioni nucleari negli atomi: trasformazione di un atomo in un altro, creazione di un nuovo tipo di atomo. Tutto ci porta a credere che questi raggi — che per ora chiamiamo *ultra-penetranti* od *ultra X* — abbiano un'origine simile, risultino cioè da trasformazioni nucleari. Ma allora, ci si potrà chiedere: essi non sarebbero che fenomeni di radioattività?... Sì, possiamo rispondere, ma enormemente più intensi! Queste « trasformazioni » debbono essere infinitamente più

energiche di quelle che si producono nei processi radioattivi a noi noti. Possiamo concederci di pensare che dei cambiamenti nucleari d'una energia forse cinquanta volte superiore a quella che opera in

Reticella a incandescenza per becco a gas ai sali di *torio*, fotografata dalle proprie radiazioni invisibili attraverso carta nera.

(da *M. Soddy* - « *Le Radium* » - *F. Alcan*, Parigi).

questi ultimi si producano nello spazio. E che questi per noi ancòra tanto misteriosi raggi dotati di così alta frequenza siano le risonanze che ci vengono inviate di queste lontane trasformazioni nella materia cosmica...

⁂

Lo spazio ch'è sopra di noi, e che dobbiamo contentarci di ammirare nelle azzurre giornate di sole o nelle serene notti stellari, sarebbe dunque, sotto la sua apparente ed inerte placidità, il vasto teatro d'una incessante prodigiosa genesi di energia.

Quel che avviene nell'incommensurabilmente piccolo mondo dell'atomo che abbiamo indagato, si ripete in ogni istante in questo altro lontano e sconfinato mondo che ignoriamo. Abbiamo veduto il nucleo positivo del nostro atomo catturare uno degli elettroni di forza contraria che gli gravitano intorno. Ora, l'energia che gli occorre corrisponde a quella che manifestano questi lontanissimi raggi che, per adesso, in attesa di altro nome più proprio, ci ha detto Millikan, noi dobbiamo contentarci di chiamare ultra-penetranti.

Catture simili debbono avvenire senza tregua nello spazio. E questo movimento continuo, queste trasformazioni della materia cosmica, a noi si manifestano solo con la miriade dei raggi sconosciuti che viaggiano nello spazio con la rapidità della luce e che investono la nostra terra nel loro vertiginoso cammino. Che cosa avviene — ci chiediamo — nelle grandi plaghe siderali di tutta questa energia viaggiante, del calore e della luce che conduce con sè? Si condensa essa forse qua e là in materia, noccioli rudimentali di nuovi mondi?...

Nulla sappiamo e tutto possiamo imaginare.

È questo il più attraente mistero, il più bell'enimma che fra i tanti che stiamo incontrando sopra queste pagine e che ci presenta la scienza nuova.

Per ora Millikan ed i suoi colleghi non ci possono dire altro. Ci dicono solo ch'esistono dei raggi ultra penetranti di origine cosmica, i quali valgono probabilmente mille volte la potenza dei raggi X. Ci arrivano essi da ogni direzione dello spazio, continuamente, con intensità sensibilmente costante. Ma non ci arrivano dal sole, nè dalle stelle. Ci vengono da più lontano. Da infinitamente più lontano, da oltre il nostro sistema solare e da oltre la Via Lattea. Dalle nebulose, forse. O, fors'anche, da quella labile materia rarefatta e ancòra per noi del tutto ignota che deve colmare i grandi spazi che si slargano fra un sistema planetario e l'altro popolanti

l'universo. Laggiù, forse, in quel lontano *al di là* del poco spazio ov'è concesso arrivare agli obbiettivi dei nostri telescopi, dove si formano gli atomi, dove si animano i primi *tanti*, gli *atomi di forza*, le prime piccolissime quantità elementari di energia di ogni sorta, dove cominciano i primi battiti della vita universale.

***

È proprio vero che i sogni di ieri divengono molto spesso le verità di oggi. Noi vogliamo a questo punto ricordare due singolari figure di « sognatori » a noi abbastanza ancòra recenti, i quali intravidero confusamente questi misteri che oggi andiamo dipanando, non ricavandone che incredulità e, peggio, derisione dai conoscenti.

Viveva a Parigi, molti anni orsono, un vecchio scienziato settantenne il quale per molto tempo fu argomento di spasso da parte dei vicini di casa e servì ai giornalisti che lo conobbero per ricamare frasi scherzose sulle sue bizzarre ricerche. Si chiamava Germain e viveva solitario all'ultimo piano di una vecchia casa del quartiere di Auteil, più vicino possibile al cielo, dal quale pretendeva, dicevano i conoscenti, ricevere e fermare le misteriose voci. I giornali lo chiamavano sorridendo: « il vecchio alchimista d'Auteil che mette il sole in bottiglia ». Egli aveva innalzato sul tetto del suo bizzarro laboratorio delle antenne altissime, le quali mediante fili conduttori di rame e di alluminio conducevano a lui delle radiazioni a tutti sino allora sconosciute che gli venivano rivelate — dichiarava il vecchio professore Germain — da reazioni chimiche speciali, e che « non avevano nulla di comune con la corrente elettrica perchè attraversano corpi non conduttori ». Ma i colleghi ne sorridevano, chiamandolo vecchio illuso, sognatore ostinato i cui settanta e più anni avevano fatto ritornare fanciullo...

Lo stesso mistero e la stessa incredulità accompagnò, oltre vent'anni fa, le investigazioni di un giovane professore della Facoltà di Scienze di Montpellier, il bravo fisico Meslin. Anch'egli, mediante fili di piombo che innestava sul conduttore di un parafulmine, intercettava sconosciute radiazioni venienti dal cielo le quali lasciavano insensibili i galvanometri ma agivano sopra certe sue soluzioni acquose di sali organici. Così egli pure dichiarava ai colleghi. Ma il Meslin morì giovane e delle sue ricerche nessuno parlò più.

Le scoperte del Millikan lo fecero ricordare ai suoi colleghi increduli. E, al solito, troppo tardi.

Oggi, specialmente in America, i laboratori degli Istituti scientifici fanno impianti per incanalare queste radiazioni sparse nell'atmosfera per cercare di utilizzarle a scopi industriali e per usi terapeutici. Anche qui s'intravede tutto un mondo nuovo di scoperte utili... ([1]). Il che ci porta a parlare dei famosi raggi ultra-violetti.

***

Essi sono diventati rinomati — e possiamo anche dire popolari — dopo l'invenzione della lampada *a vapori di mercurio*, che costituisce l'ultimo perfezionamento della prima lampada ad arco di mercurio del Finsen di Copenaghen per la generazione dei raggi ultra-violetti. È questa un'ampolla di quarzo trasparente i cui elettrodi sono costituiti da piccoli pezzi di mercurio. Si fa il vuoto dentro di essa: sotto la bassa pressione il mercurio esala dei vapori in abbondanza i quali riempiono il vuoto dell'ampolla. Quando si fa passare la corrente elettrica avviene la scarica entro la lampada, che fa aumentare i vapori del mercurio e forma attraverso ad essi una specie di arco elettrico. La lampada diventa luminosa. La luce che ne viene, mentre manca quasi del tutto dei raggi rossi e arancioni, è ricchissima di quelli ultra-violetti.

Lampada a vapori di mercurio in quarzo. (dal *Pohl*).

Che cosa sono dunque questi raggi ultra-violetti? Come dovremo veder meglio quando parleremo della luce, se facciamo passare un raggio di sole attraverso un prisma di cristallo otteniamo una specie di arcobaleno con i suoi vari colori. È il noto spettro solare. Noi vedremo i seguenti colori: il rosso, il giallo, il verde, l'azzurro ed il violetto. Ma tanto dopo il rosso che dopo il violetto vengono altri colori a noi invisibili. Sono gli

([1]) Riparliamo di questi « raggi cosmici » nel capitolo quinto: *La sintesi dell'Universo*.

ultra-rossi e gli ultra-violetti. Ora i raggi più attivi contenuti nella luce del sole — che nel suo insieme è bianca — sono quelli blu ed i violetti. Ma specialmente gli ultra-violetti, come scoperse il Finsen. Ricordiamo però anche che il fenomeno dello spettro solare fu studiato per primo dal Newton.

Ora, la corrente elettrica che passa attraverso i vapori di mercurio della lampada che dicemmo produce una luce verde-bluastra molto intensa, enormemente ricca di questi raggi ultra-violetti. Passando attraverso il vetro essi vengono in gran parte assorbiti: s'è scoperto invece che il quarzo trasparente li lascia passare quasi interamente. Perciò la nostra lampada produttrice di raggi ultra-violetti è costruita con quarzo. Ultimamente è stato inventato il *vitaglass* che costa meno del quarzo e del quale vedremo presto la larga applicazione pratica.

Quanto al quarzo sono veramente curiosi i fenomeni che la luce può presentarci con esso. Il minerale di quarzo viene fuso come il vetro e può prendere poi tutte le forme che si vuole. Se ne fanno tubi, ampolle, lastre trasparenti. Ora potete godere di un veramente curioso fenomeno con un tubo di quarzo piegato a gomito. Se accendete un fiammifero ad una delle estremità del tubo vedrete la fiamma apparire nitidamente riprodotta all'altra estremità come se l'aveste accesa in quel punto. Effetto del singolare potere di rifrazione che il quarzo possiede.

I raggi ultra-violetti dimostrano proprietà particolari. Sotto la loro azione le sostanze elettriche si scaricano; l'aria viene da essi ionizzata; l'acqua diventa ossigenata e l'ossigeno dell'aria si trasforma in ozono. S'adoperano i raggi ultra-violetti per ottenere la vulcanizzazione del caucciù, per formar l'amido e lo zucchero dall'anidride carbonica e dal vapore acqueo. Interessantissimo è quest'ultimo processo, detto *fotosintesi*: e presenta tutto un avvenire da sfruttare. Inoltre i raggi suddetti uccidono i bacteri contenuti nei liquidi, e quindi si adoperano con successo per sterilizzare l'acqua, il latte, i diversi *vaccini* adoperati nella medicina moderna. Un nuovo processo chiamato *jecorizzazione*, dà al latte, alla carne, all'olio e ad altri alimenti uno speciale valore nutritivo. L'industria adopera questi raggi singolari per imbianchire la tela, gli oli ed i grassi, per rendere lucida la pelle inverniciata e per molti altri usi. Il

linoleum è ottenuto con olio di lino trasformato sotto l'azione di questi raggi. Sembra ch'essi influiscano sull'attività vegetativa delle piante e persino sulle mucche e sulle galline per la produzione del latte e delle uova... Come si vede essi sono una vera miniera di applicazioni pratiche ed industriali.

Un fatto curioso è questo: mentre essi sono affatto invisibili ai nostri occhi pare sieno veduti — sentiti certamente — dagl'insetti, particolarmente dalle formiche. Se noi facciamo cadere su di esse un fascio di raggi ultra-violetti le vediamo sbandarsi precipitosamente e con grande terrore da ogni parte per sfuggire agli stessi. Questo proviene dai singolari fenomeni di fluorescenza e di fosforescenza che questi raggi determinano sopra certe sostanze organiche. Il che ha richiamato sopra di essi l'attenzione e lo studio dei medici i quali li impiegano ormai largamente per la diagnosi delle malattie della pelle e per l'analisi del corpo umano.

Ma sopra le virtù terapeutiche dei raggi ultra-violetti vale la pena di fermarci alquanto, poichè dopo la malattia del re Edoardo d'Inghilterra, durante la quale essi vennero con molto successo adoperati, essi sono divenuti si può dire di moda.

***

Fu il Finsen che pel primo studiò gli effetti dei raggi ultravioletti sopra il sangue del nostro corpo. Se noi facciamo cadere per un certo tempo — da dieci a quindi minuti — un fascio di questi raggi sopra una parte scoperta del nostro corpo, vedremo apparire un vivo rossore sulla pelle. Se continuiamo l'esposizione ai raggi avviene una vera infiammazione che può anche durare parecchi giorni. Fu studiando questo fenomeno che il dottor Finsen stabilì come esso sia la prova di un più rapido passaggio del sangue attraverso alle piccole arterie ed ai vasi capillari del nostro sistema sanguigno. Queste vene si dilatano sotto l'azione dello stimolo dei raggi ultra-violetti e permettono quindi al sangue di scorrere più rapidamente portando ad ogni parte del nostro corpo il suo benefico nutrimento.

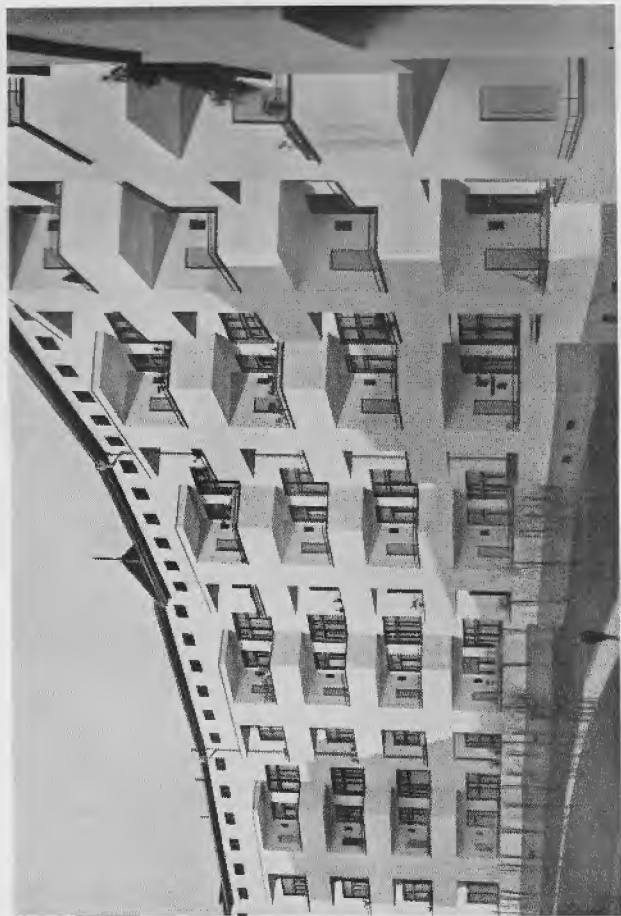
Gli studi proseguiti poi dal Bach, dal danese dott. Hasselbach, dal Quincke, dal Bering, dall'inglese Saleeby, dal D'Oelsnitz, dal

La « Casa di cristallo » di Colonia, dell'architetto Bruno Taut di Berlino (1914) perchè il sole rechi i benefici suoi raggi ultra-violetti in ogni angolo della stessa.

(da *Modern Architecture* di B. Taut — Ed. *The Studio*, London).

dott. Malgat di Nizza e dal dott. A. Lorand il quale li applica largamente a Carlsbad, il noto stabilimento termale di cura del quale è direttore, hanno portato la terapia dei raggi ultra-violetti alla larga diffusione d'oggi. Uno de' più attivi propagandisti è l'inglese dott. Saleeby, il fondatore della prima clinica completa con applicazione dei raggi ultra-violetti in Inghilterra, la quale ha iniziate le sue cure nel 1926. (Questi raggi si usano ormai largamente anche fra noi).

E tutti i dotti c'insegnano le grandi virtù terapeutiche dei raggi ultra-violetti. Essi sono singolarmente efficaci nei casi di congestioni, perchè facendo affluire il sangue alla superficie del corpo esso viene sottratto agli organi interni ove produce pressione. Hanno una azione potentissima sopra i processi respiratori, perchè la combustione organica ed il processo di ossidazione dei tessuti vengono aumentati dal loro influsso. Questo ci spiega come la luce del sole, ricca di tali raggi, sia utile in tutti questi casi di malattie. Tanto il dott. Quincke che il Bering ci hanno dimostrato che soggiornando nelle alte montagne l'aumento dei globuli rossi del sangue e dell'emoglobina è dovuto all'azione dei raggi violetti e ultravioletti del sole. Ci dice il dott. Lorand: « I raggi ultra-violetti hanno una azione spiccata sull'agilità muscolare. Lo provai su di me stesso, dopo più di cento sedute sotto l'azione di tali raggi, provenienti da una grande lampada di quarzo fabbricata in Hanau in Germania. Ho spesso notato ne' miei malati a Carlsbad una scomparsa di stanchezza e di fatica ed un vero aumento di forza muscolare, dopo tale trattamento. Essi poterono arrampicarsi sulle montagne vicino a Carlsbad molto più facilmente dopo aver fatto parecchi bagni di raggi ultra-violetti allo Stabilimento. Ho pure notato un tal risultato in giovinette e donne anemiche, ch'ebbero da queste cure un notevole miglioramento ».

Il dott. Lorand propone la cura dei raggi ultra-violetti contro i deperimenti organici prodotti dalla vecchiaia. Partendo dal fatto che nei vecchi è, in generale, una più lenta e difficile circolazione del sangue, una assai frequente alta pressione dello stesso nonchè una diminuzione dei processi di ossidazione unita ad una notevole debolezza muscolare (che sono i sintomi della vecchiaia) egli ha trovato nella cura della lampada di quarzo un efficace modo di combattere questi deterioramenti organici frutto dell'età. « Il mio primo

Le nuove case di Berlino (Arch. B. Taut - Ed. *The Studio*, London).
(Catturare il sole!)

malato — ci racconta il dott. Lorand — che ho trattato con questi raggi fu un commerciante di 52 anni, ch'era stato operato due anni prima dal prof. Finsterer di Vienna per un'ulcera al duodeno, ed era stato inviato al mio trattamento a Carlsbad dal prof. Salomon, pure di Vienna. Alla prima visita trovai in lui un uomo debole ed anemico, incapace di lunghe passeggiate e dall'aspetto molto più vecchio della sua età. Gli ordinai, oltre una cura assai blanda di acque, dei bagni giornalieri di luce di quarzo. Dopo tre settimane non era più riconoscibile. Dimostrava ora 35 o 40 anni al più ed aveva aspetto florido e guancie rosee. Aveva guadagnato in peso più di dieci libbre ».

La cura appare efficace anche per le persone troppo grasse: per effetto dei processi di ossidazione che, come già dicemmo, vengono aumentati dai raggi ultra-violetti, il grasso dell'organismo sotto la loro azione si consuma più rapidamente e l'uomo dimagra. Pure la nevrastenia viene curata con queste benemerite lampade di quarzo. Curiosa è l'applicazione fatta dal dott. Steinach dei raggi ultra-violetti contro la caduta dei capelli. Egli ci assicura di aver potuto ridonare un'abbondante capigliatura ad una testa ridotta completamente calva! Ci dice pure che tali risultati riescono meglio per le donne che per gli uomini...

Parlando del sole accennammo ai miracolosi effetti della luce del sole sopra l'umanità malata od indebolita. La *elioterapia* costituisce oggi una branca di primaria importanza nella scienza medica. E sono i raggi ultra-violetti che v'hanno il principal merito. Ma perchè la luce solare possa conservare tutta la benefica sua virtù occorre che sia pura. Ora tale non è in quella che scende su di noi nelle nostre grandi città, poichè essa deve passare prima attraverso a strati di polvere, di fumo, di vapori diversi, che l'hanno assorbita, hanno sminuito i raggi benefici a noi utili e quindi, in certo qual modo, inquinata. Impoverita certamente. La più pura luce del sole e la più ricca di raggi ultra-violetti — ci insegna sempre il dott. Lorand — si trova in riva al mare, dove l'aria è più pura. E le coste della nostra Riviera sono per questo le più benemerite. Da Nizza a Mentone, da Sanremo a Nervi e a Rapallo e giù giù sino a Napoli ed oltre, è una miniera di raggi ultra-violetti preziosissimi per la nostra salute. Si verifica per esse lo stesso fenomeno che i medici americani decantano

Il « grattacielo di vetro » ideato dall'Architetto M. van der Rohe.

(dal Korn, *Glas*, edit. *Pollak*, Berlino).

per le coste balneari della California: in queste, ci dicono, la grande ricchezza dei raggi ultra-violetti è procurata dalla rifrazione della sabbia lucente e dallo specchio dell'acqua marina che le bacia. Lo stesso avviene per le nostre di Riviera: esse hanno da un lato il meravigliosamente lucido specchio del Mediterraneo e dall'altro i raggi riflessi dalle montagne che le fiancheggiano. L'azzurro cupo del cielo (effetto di polarizzazione della luce) aumenta grandemente l'effetto dei raggi salutari. E dove trovare più bell'azzurro del nostro?...

E l'alta montagna! Il dott. Drollier a Leysin in Svizzera, a S. Moritz ed a Davos, ha ottenuto miracoli. Ha restituito alla vita una quantità di fanciulli malati di tubercolosi ossea che tutte le cliniche delle città avevano dichiarati sacrati ormai alla morte. E le nostre Alpi, i cui riverberi delle alte candide vette nevose, aumenta l'irradiazione dell'aria purissima ricca di raggi, sono veri sanatori naturali offerti all'umanità dolorante e indebolita dalle mefitiche esalazioni dei grandi centri di popolazione.

A questo ha cercato di provvedere il governo inglese per i grandi centri industriali di questo ricco e laborioso paese. Ce ne dà una interessante e istruttiva relazione il dott. L. Y. Dodds. Chi conosce questi grandi centri di lavoro inglesi — egli ci dice — sa come essi sieno caratterizzati dall'atmosfera carica di fumo. La maggioranza degli operai e impiegati che lavorano e vivono in essi non riceve la quantità di luce solare necessaria a mantenerli sani e forti. Basta pensare ch'essi passano tutta la loro giornata in locali ove il sole, datore di vita, non penetra mai. Occorre dunque fornir loro la luce solare con mezzi artificiali. E s'è pensato di ricorrere al *vita-glass*, il nuovo vetro del quale abbiamo parlato. Esso introduce nelle officine, negli uffici, in tutti i luoghi chiusi al sole, la benefica luce ultra-violetta.

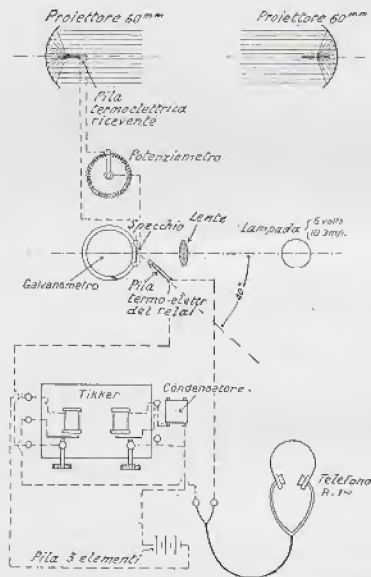
Ci riferisce il Dodds: la *General Electric Company* degli Stati Uniti ha compiute molte investigazioni circa gli effetti della luce ultra-violetta sul rendimento degli operai. Becchi di raggi suddetti furono collocati ad un'estremità di una vasta sala, convenientemente riparati perchè non potessero nuocere alla vista. In capo ad un mese si notò che gli operai che si trovavano presso alle emanazioni di questi raggi producevano di più di quelli situati all'altro estremo della sala, mentre la percentuale degli errori era notevolmente diminuita.

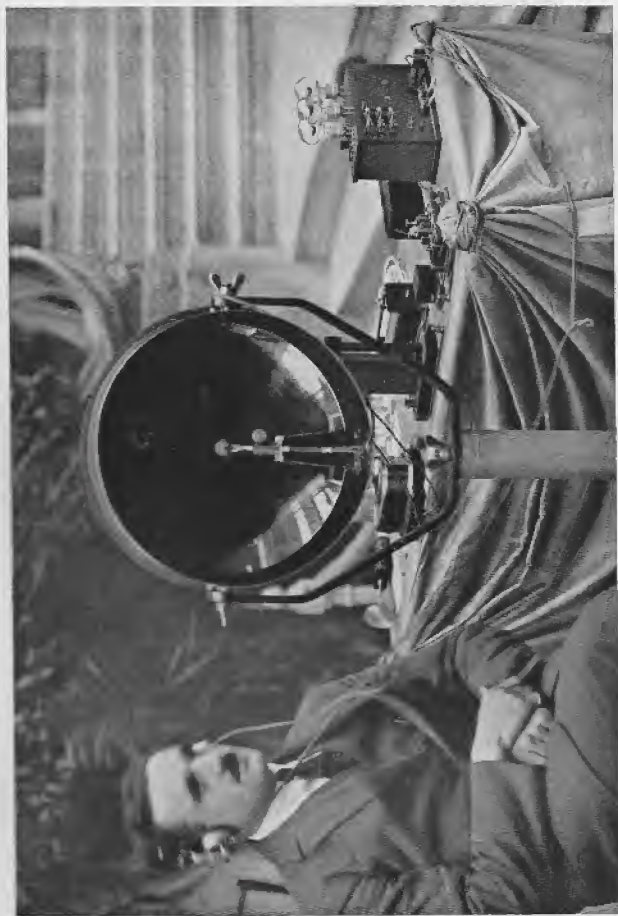
Ma sopratutto il sole deve entrare liberamente nelle case! Ricordiamo il detto popolare che già accennammo. A questo concetto saggissimo si va ispirando l'architettura tedesca ed americana. Le fotografie che diamo come saggio parlano efficacemente.

S'è pure trovato che i raggi ultra-violetti sono efficacissimi per impedire l'infezione prodotta dalle ferite. Impressionati dalla perdita annuale di ore di lavoro prodotta negli Stabilimenti industriali dai casi di setticemia nonchè dalle forti indennità pagate per la cura, gl'industriali americani si preoccuparono seriamente dei mezzi onde prevenire questi infortuni sul lavoro. E fu trovato nelle radiazioni ultra-violette il metodo più efficace. Si fa uso di una tintura fotosensibile con la quale viene spalmata la ferita, dopo di che si espone la parte colpita alle irradiazioni ultra-violette. L'energia di queste viene per mezzo della tintura condotta in tutte le parti della ferita; cessa il dolore e la cicatrizzazione viene affrettata. Il dott. Van Lier, olandese, il quale ha fatto più di ottocento operazioni chirurgiche usando come antisettico queste radiazioni, afferma che sotto questo aspetto i raggi ultra-violetti superano qualsiasi disinfettante sinora conosciuto. Egli ha abolito i guanti di gomma: le sue mani vengono, prima dell'operazione, irradiate dai raggi, come pure gl'istrumenti. Durante l'operazione il malato viene esposto ai raggi di una lampada produttrice delle radiazioni ultra-violette.

***

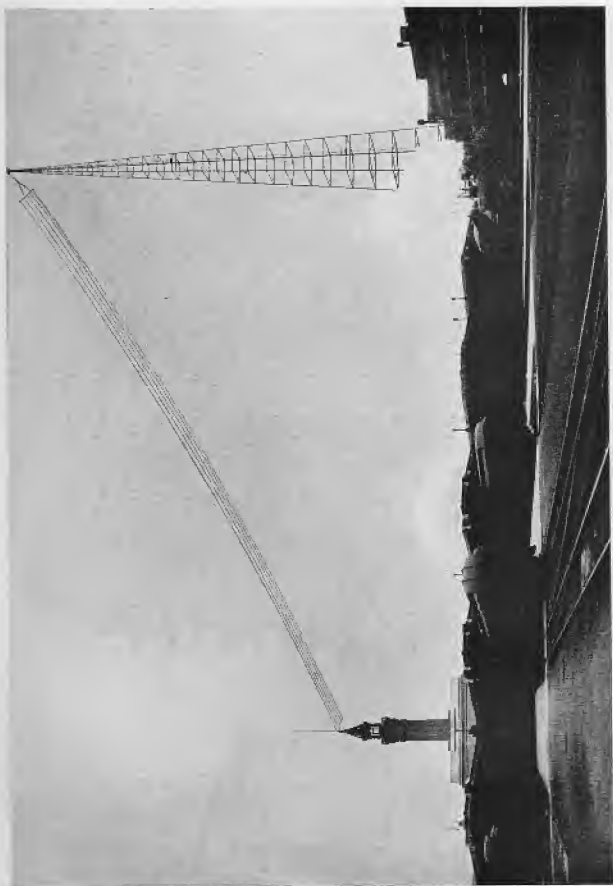
A ridosso dei raggi rossi dello spettro solare sono i raggi infrarossi, detti anche radiazioni prerosse. Furono studiate dal Mellani, dal Wood, dal Rubens e da altri specialmente in questi ultimi tempi perchè si pensò di utilizzarli per la fotografia notturna e per la trasmissione dei segnali a grande distanza durante l'ultima guerra. In Francia il prof. Charbonneau costruì una lampada ad arco per ottenere questi raggi in quantità sufficienti per le comunicazioni a grandi distanze. Ma ultimamente s'è trovato che per le comunicazioni a breve distanza basta una delle nostre comuni lampadine contenenti un filamento a spirale di *tungsteno* immerso nell'azoto o nel gas leggero *neon*. I raggi diversi dagli infrarossi vengono intercet-

tati da una lastra di vetro coperta di ossido di rame o di manganese, mentre gl'infrarossi vengono fatti riflettere da uno specchio concavo parabolico che li trasmette lontano sotto forma di un fascio di raggi

Schema di un posto di telegrafia a raggi infrarossi, sistema Charbonneau.

paralleli. Uno specchio consimile si trova alla stazione ricevente: i raggi infrarossi arrivati vengono resi convergenti nel *fuoco* dello specchio ove si trova un apparecchio rivelatore. Ma s'è riusciti pure a renderli visibili all'occhio e sensibili all'orecchio. Con un ingegnoso dispositivo si è riusciti a fotografarli sopra un nastro cosparso

Recezione del suono delle radiazioni infrarosse con una pila termoelettrica. (Dispositivo. Charbonneau).

di solfuro di zinco a mo' delle lineette e dei punti del telegrafo Morse, ed a renderli sonori con un telefono inserito nel circuito prodotto da una coppia termo-elettrica in comunicazione con un galvanometro posta nel fuoco dello specchio ricevente. Queste segnalazioni con i raggi infrarossi arrivano a distanze superiori ai trenta chilometri. Un fatto ancòra inesplicato che n'è risultato è che la distanza delle radiazioni infrarosse trasmesse è sempre maggiore nella notte che non durante il giorno: nelle ore di luce essa è minore del venticinque circa per cento di quella notturna. Mediante nuove intelligenti modificazioni apportate dai dottori Stephens e Larigaldie s'è potuto applicare queste segnalazioni con i raggi infrarossi alle navi, specialmente per quelle viaggianti nelle regioni di deriva degli *icebergs* per segnalare l'avvicinarsi di queste così pericolose montagne di cristallo. Si approfitta dell'abbassamento di temperatura prodotto dalla massa ghiacciata che si approssima alla nave per stabilire una differenza di temperatura fra gli elementi della pila dell'apparecchio Charbonneau che vengono disposti uno all'esterno della nave e l'altra nell'interno, sì da mettere in azione il telefono di segnalazione.

Sono interessantissimi gli esperimenti compiuti in questi ultimi anni (1927-1929) da S. L. Baird — del quale dovremo riparlare per la sua televisione — per la penetrazione dei raggi invisibili nella oscurità e nella nebbia, insieme d'esperienze alle quali il dotto fisico inglese ha dato il pittoresco nome di *notte-visione*. Secondo le relazioni datene dalle Riviste tecniche inglesi il prof. Baird nel suo laboratorio posto nel centro di Londra sarebbe riuscito a riprodurre l'imagine di un fantoccio nascosto da una cortina di fittissimo fumo e posto in una sala interna, in una stanza assai lontana da questa. Anche il Baird pensa di applicare il suo sistema di notte-visione alle navi per difenderle dai pericoli che possono incontrare navigando tra le fitte nebbie così comuni nei mari nordici.

Quanto alla fotografia nell'oscurità dobbiamo dire che se ne pensò sino dai primi tempi in cui i raggi ultravioletti ed infrarossi vennero presi in esame. I primi studi per applicarli alla fotografia notturna risalgono al Becquerel e all'Abney. Ma la cosa ha presentato sempre particolari difficoltà per il fatto che i raggi infrarossi, a differenza degli ultravioletti, non influenzano le lastre fotografiche. Tutto il problema consiste nel ritrovare un sensibilizzatore speci-

La stazione di Hoboken negli Stati Uniti con le antenne del T. S. F. per i treni in marcia.

fico della lastra fotografica rispetto alle radiazioni prerosse, anche di notevole lunghezza d'onda tale da riuscire a fissarle.

Indagini a questo scopo furono compiute dal dott. Wright dell'Osservatorio di Lych negli Stati Uniti, nell'intento precipuo di ottenere fotografie stellari. Ma non dobbiamo dimenticare che anche da noi, sino dal 1915, nei primi anni cioè della guerra, furono iniziati studi ed esperimenti davanti ad una Commissione competente tecnica per la trasmissione di segnali a distanza, che furono continuati e perfezionati sino al 1917. (Non dimentichiamo neppure il *fotofono* di Graham Bell del 1880, col quale il sommo fisico metteva a profitto le proprietà del selenio per trasmettere i suoni col mezzo della luce). Studi sulla trasmissione a distanza della parola e dei suoni mediante le onde luminose furono pure eseguiti in un primo tempo dai professori Luigi Rolla e Luigi Mazza nel 1927 e dall'illustre nostro fisico prof. Quirino Maiorana, con un dispositivo suo particolare sul quale ritorneremo nel capitolo sulle *onde*.

È molto interessante intanto accennare qui alle esperienze ultimamente eseguite dagli ingegneri Jonaust e Mesny di Parigi. Essi hanno cercato di trasformare le radiazioni luminose in radiazioni elettriche mediante il *selenio*, corpo che presenta questa curiosa proprietà: quando riceve un raggio luminoso la sua conduttibilità elettrica aumenta. Se viene intercalato nel circuito di una pila, il selenio (che non sappiamo ancòra se sia un metallo o metalloide) dà passaggio ad una corrente tanto più intensa quanto più viene illuminato. Se si utilizza questa corrente per provocare le vibrazioni di un ricevitore telefonico, le radiazioni luminose che agiscono sul frammento di selenio saranno trasformate, o più esattamente « interpretate » con vibrazioni. L'uso del selenio a questo scopo è sinora « teoricamente » in istudio; ma si pensa che possa procurarci molte utili sorprese. Lo ritroveremo più innanzi.

E terminiamo accennando al curioso apparecchio foto-elettrico al potassio presentato dal generale Ferriè alla Direzione generale di T. S. T. militare francese allo scopo di determinare l'ora con il passaggio di una data stella nel campo di un apparecchio astronomico. Si tratta di un'ampolla di vetro, entro la quale è stato fatto il vuoto, tappezzata con una leggera pellicola di potassio. È un congegno molto delicato, diciamolo subito, e tuttora in istudio. Ma

è certo che la finalità alla quale tende è sommamente interessante. Questo apparecchio, disposto in modo da ricevere il raggio di luce d'una stella, sviluppa sotto l'azione di questa lontanissima luce siderea, una tenuissima corrente elettrica che però, mediante una lampadina amplificatrice (di quelle adoperate nella T. S. F.) si può moltiplicare sino a raggiungere *un milione* di volte la iniziale. Essa allora diventa abbastanza forte da mettere in moto una lamina vibrante e agire su onde elettriche.

Pensate: trasformare la luce di una stella prima in corrente elettrica — poi in vibrazioni sonore — e finalmente in segnali radioelettrici!

Capitolo Quarto

ONDE.

Forse la materia — quale l'abbiamo sempre veduta e creduta noi, stabile ed immota — non esiste. « *Il n'y a plus de vraie matière* — ha detto il fisico Poincaré — *il n'y a plus que des trous dans l'éther* ». Non esiste che una immensa, continua e universale vibrazione che costituisce « l'esistenza vibrante » di quanto ne circonda.

Tutta la vita dell'Universo, compresa la nostra, non è che una grande onda. Una vasta, ininterrotta onda che corre, fruga ogni angolo del nostro globo e rimbalza per l'universo per vibrare in tutti i suoi mondi. E la nostra Terra — il piccolo mondo di noi uomini — tutta n'è circondata, corsa, avviluppata... Noi viviamo in mezzo a questa continua ed invisibile rete di piccole e grandi onde che percepiamo senza rendercene conto, subendone le forze misteriose, vivendo di esse e per esse.

Allorquando noi chiudiamo il circuito di una corrente — ci diceva Riccardo Arnò — si generano miriadi di linee di forza magnetica che si concatenano col circuito conduttore e di cui parecchie si chiudono a grande distanza, altre si protraggono sino all'infinito. Il fenomeno della corrente elettrica non risiede solamente e non finisce nel filo conduttore: ma essenzialmente nello spazio che circonda il circuito di questa corrente. Quando noi — sulla piccola nostra Terra — compiamo quella all'apparenza così semplice cosa che è la chiusura di un circuito di trasmissione elettrica, tutto lo spazio ne viene perturbato. Tutto l'Universo siderale (non è esagerato il dirlo) ne viene scosso. E sino alle sue distanze per noi più fan-

tastiche: quelle distanze quasi inaccessibili persino alla valutazione del nostro pensiero, ove corrono, vibrano, *vivono* vertiginosamente altri soli, altri mondi ardenti di fuoco o già spenti come il nostro, quelle regioni tanto lontane da noi che la luce che da esse viene, pur viaggiando con velocità capace di compiere otto volte il giro in un minuto secondo del nostro piccolo granello di sabbia, impiega per raggiungerci decine e centinaia e migliaia di anni!...

Chè se poi noi portiamo il nostro pensiero dal semplice circuito elettrico al quale abbiamo accennato all'alta antenna di una stazione trasmettitrice radiotelegrafica — o meglio ad un grandioso oscillatore hertziano — i nostri occhi, se avessero la facoltà di vederlo, assisterebbero ad un meraviglioso spettacolo. Miriadi di onde elettromagnetiche, partendo da quell'oscillatore, si lanciano nell'etere con la velocità della luce: « onde misteriose che sono il veicolo dell'energia che viene irradiata verso lontanissimi centri dell'Universo, quasi come fossero il palpito di un grande Tutto, di un'anima universale che respira, vibra, si muove, vive e sente! » (R. Arnò).

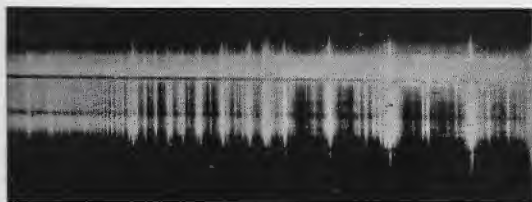
***

Come un immenso strumento musicale — un'arpa vibrante le cui corde sonore si perdono, da ambo le parti, nell'infinito — si presenta al nostro spirito il vasto quadro delle ondate di moto e di vita che corrono perennemente l'universo.

Riporti il lettore davanti agli occhi della propria mente la visione dello smagliante spettro di luci che il sole, urtando con un suo raggio contro lo spigolo di un prisma di cristallo, ci sprigiona. Sono le onde luminose che dal rosso, salendo a gradi e tra infinite sfumature, corrono sino al violetto. Al di sotto di questa visione di colori vibrano le lunghe onde delle correnti elettriche alternate a bassa frequenza; vengono poi quelle del Telegrafo senza fili di Marconi. I misteriosi raggi infrarossi, i caloriferi, aprono la via alla teoria delle ondate luminose che giungono al nostro occhio limitato con i magnifici colori dell'iride che sono concessi alla nostra percezione visiva. Ma ecco subito dopo il violetto ricominciare le ondate a noi invisibili: sono i raggi ultra-violetti de' quali già conosciamo le molteplici virtù. Seguono i raggi X, quelli *gamma* del radio, poi le

ondate cosmiche ultrapenetranti... Sono queste, sinora, le più piccole rivelateci, poichè la loro lunghezza d'onda si valuta come appena la diecimilionesima parte di quella di un'onda luminosa.

E poi? termina con queste la sinfonia delle ondate che corrono intorno a noi e inviluppano l'universo? Non lo sappiamo ancòra.

Abbiamo chiamata sinfonia questa corsa che mai non ha fine delle ondate di luce, di suono, di calore, di vita in una parola, che anima l'universo sopra e intorno a noi. Chè, a questo punto, e ci teniamo sommamente a farlo notare ai nostri lettori, la scienza di-

Serie di Balmer.

Analisi spettrale dell'idrogeno: gl'intervalli si restringono vieppiù da destra a sinistra.

(da *Eddington*).

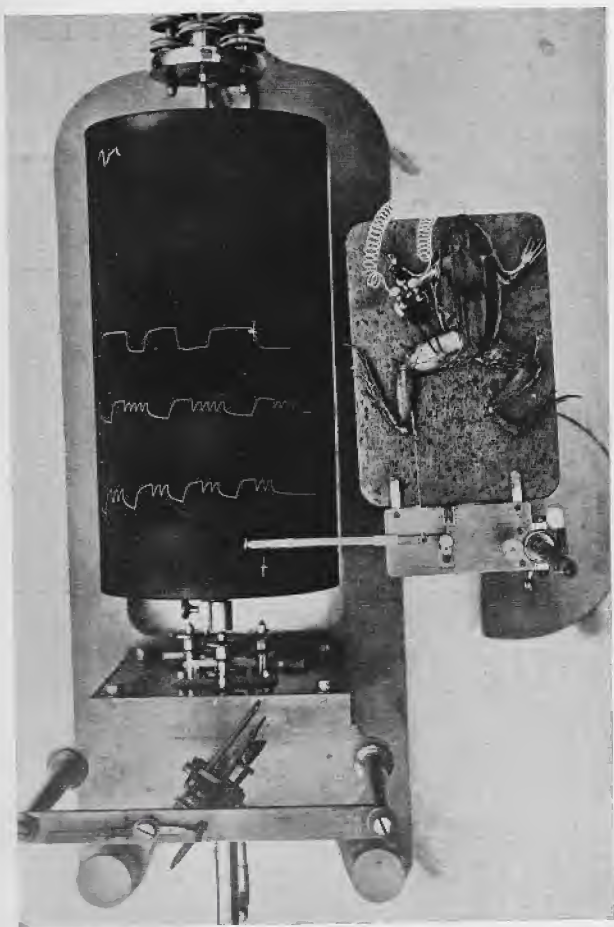
venta arte, e di questa assume tutte le più belle visioni e la gioia estetica. Vogliamo dare al lettore un esempio palpabile di questa bellezza, che chiameremo visiva. La bellissima e rara fotografia che presentiamo, fatta dal Wilson che già conosciamo e che ci viene presentata da Eddington, non parrebbe la fantastica illuminazione notturna di qualche città di sogno, come Venezia, che si rispecchia nel mare?... Ebbene altro non è che la traccia dell'analisi spettrale dell'idrogeno lasciata sopra la lastra fotografica. Essa fa parte della rivelazione ottica della *serie di Balmer*. Sappiamo che facendo passare un raggio di luce solare attraverso un piccolo foro in modo che si proietti poi sullo spigolo di un prisma di cristallo otteniamo lo *spettro* luminoso completo del quale dovremo riparlare più avanti. Ma se vi facciamo passare invece la luce di un gas reso luminoso con

l'incandescenza, ottenuta facendo passare fra essi una corrente elettrica (come nei tubi Geissler) otteniamo delle tracce o righe particolari a colori diversi e di un bellissimo effetto. L'*elio* ci dà sette righe, ed i gas rari *(cripton, xenon, argon)* mostrano spettri ricchissimi di righe. Il nostro idrogeno in questione ci rivela, nella serie di Balmer, 29 righe, di colori assai belli: rosse, verdi, azzurre e violette. Il lettore può osservare nella nostra fotografia come tutte queste luci brillantemente colorate, sì da formare, come dicemmo, una fantasmagorica visione, restringano gl'intervalli sempre di più procedendo da destra verso sinistra.

I vapori di ferro contengono spettri meravigliosi, formati da oltre 2000 righe! Ora, sono queste vibrazioni ottiche che ci hanno rivelata la stretta analogia della luce con le oscillazioni di ogni altro corpo materiale. *Onde*, dunque, anche i fantastici colori che rendono così brillanti questi spetri luminosi. Ma vi ritorneremo presto.

Ora tutto ci porta a credere che di questo mondo di onde eteree sia sovrana motrice l'elettricità. Date però le lacune che s'aprono tuttora incolmate nelle nostre conoscenze *certe*, e gli enimmi che tutte le moderne induzioni ed ipotesi, che si susseguono e spesso si sovrappongono, ci presentano ad ogni passo, il nostro lettore non si meraviglierà troppo se, al contrario delle recise affermazioni di moltissimi nostri scienziati, noi anche qui adopreremo la forma dubitativa. La quale, del resto, parlando di teorie umane e, in generale, del lavorìo continuo, della nostra mente sopra le « misteriose cose » che poco conosciamo, quando non le conosciamo affatto, non è solamente una doverosa prudenza.

Certo è che le nostre conoscenze d'oggi ci fanno concordi nel ritenere come manifestazioni elettroniche tutto quanto muove la vita universale. Le onde di luce come quelle sulle quali, sulle ali della radio, vengono sino al nostro orecchio le voci lontane, le onde calorifiche come quelle che discendono sulla nostra terra dalle lontane plaghe sideree, sono elettricità. L'unica differenza che corre tra le onde di luce e le onde elettriche che recano i nostri messaggi con la telegrafia senza fili, è la lunghezza e la minore frequenza delle loro oscillazioni.

Queste lunghezze d'onda sono rappresentate da numeri infinitamente piccoli. Il *micron*, che serve di base di misurazione, vale un

Con questo dispositivo il dott. Lefeuvre procura di ricevere dei messaggi radiotelegrafici mediante una rana.

millesimo di millimetro. Il *millicron* è il milionesimo di millimetro. L'unità di misura per i raggi ondulatori della luce è l'Angström (U. A.) che vale un decimilionesimo di millimetro, piccolissima frazione del millimetro che viene matematicamente espressa da $10^{-8} = 1/10^8$.

Ora basti pensare che la lunghezza d'onda dei raggi di luce rossa dello spettro è 760 milionesimi di millimetro e quelli violetti 380 milionesimi per comprendere la piccolezza di queste onde. Noi non possiamo vederli. Il limite delle percezioni della luce pel nostro occhio va solo da 3800 Angström a 7600 A. Fate il calcolo: da 3800 decimilionesimi di millimetri o 7600 della stessa frazione di millimetro! Al di qua e al di là di questo numero piccolissimo di vibrazioni noi siamo ciechi.

Ma abbiamo delle onde ancòra più piccole: e sono quelle dei raggi X. È la loro piccolezza che le rende penetrabili. Esse sono *mille volte* minori delle onde dei raggi ultravioletti, che sono i raggi colorati più piccoli dello spettro solare. Abbiamo veduto che tanto questi raggi X come i *gamma* provengono dall'« esplosione » degli atomi, quando le particelle *beta* vengono lanciate via, o quando entrano in azione nel vuoto i raggi catodici. Essi sono dunque vere « pulsazioni di energia » la cui vera natura c'è ignota. Della stessa natura sono i raggi del calore radiante che ci vengono dal sole, grande lanciatore nello spazio di elettroni, quindi colossale radiatore per noi di luce è di calore.

Siamo sempre dunque nel regno dell'elettricità. È sempre una carica elettrica, formata da elettroni, che vibra all'innanzi, o all'indietro, irradiando onde elettriche che oscillano in tutte le direzioni dello spazio. Quando corrono più lente sono le *onde hertziane*, se più rapide sono le *onde di calore*, più rapide ancòra ci danno le *onde di luce*, che corrono con la velocità fantastica che sappiamo nello spazio libero. Ma se incontrano dei corpi esse lo penetrano: e la loro velocità ne viene modificata. L'onda che attraversa questi corpi produce tutto un movimento complesso di altre nuove onde che da essa vengono originate. Sono onde secondarie provenienti dalla carica elettrica interna del corpo e che si mettono ad oscillare « in risposta » all'onda entrata. Poichè tutte le onde che abbiamo conosciute possono esser assorbite da un corpo, rifratte dallo stesso

e quindi riflesse. È un movimento continuo di energia che si trasforma in calore.

Come il lettore vede molto complesso è il lavoro delle onde che in tutti i sensi corrono intorno a noi: che salgono a noi dalla terra, discendono dagli spazi celesti, vibrano entro noi stessi. Ma qual'è la loro missione? Possiamo solo dire che in gran parte c'è ignota.

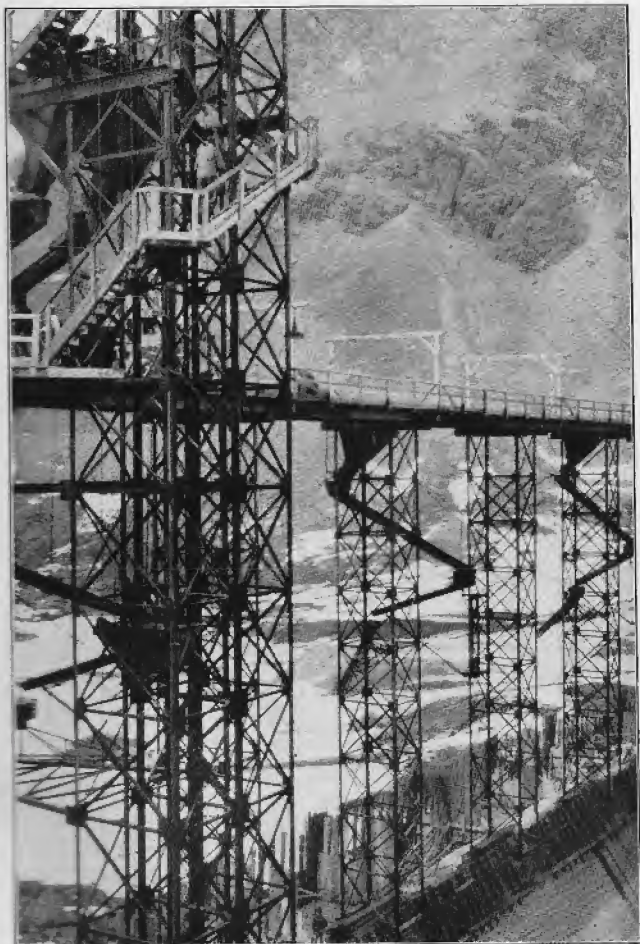
***

Ci chiederemo fra poco che cos'è dunque la luce: l'enimma ancòra insoluto del mondo ondulatorio. Ma ci conviene prima soffermarci sopra l'altro mistero, sul quale la scienza è ancòra tutt'altro che d'accordo: l'*etere cosmico*.

Quando Newton presentò la sua famosa teoria della gravitazione la determinò con queste osservazioni: « Che la gravitazione sia una proprietà essenziale e naturale inerente alla materia, così che un corpo possa agire sopra un altro corpo a distanza e attraverso allo spazio *completamente vuoto* senza l'intervento di *alcunchè*, a mezzo del quale la sua forza e attività possono essere propagate, è *per me un'assurdità così grande* che io credo che nessuno che possegga una tal quale attitudine a riflettere intorno ad argomenti filosofici potrà mai ammettere ». Il suo contemporaneo Huygens avea detto, a sua volta: vi deve essere, nello spazio, qualcosa, come l'aria, che vibra e che porta con sè, oscillando, i suoni, la luce e fors'anche la potenza dell'attrazione fra corpo e corpo. E cominciò da quei giorni la discussione fra gli scienziati sopra il problema dell'*azione irradiante* dell'attrazione universale. Giacchè Newton ammetteva che la gravitazione sia una forza irradiante come la luce e il calore. Ma si chiese: come si trasmette questa irradiazione che partendo da un centro si diffonde egualmente intensa in ogni direzione? È proprio vero ch'essa non incontra nessuna resistenza nello spazio? E fino d'allora si rispose che ogni forza per agire da un corpo all'altro ha bisogno di un trasmettitore. Attraverso allo spazio assolutamente vuoto — si disse — non può darsi irradiazione di sorta. Ogni azione deve essere trasmessa da atomo ad atomo. E s'arrivò così ad ammettere l'esistenza di un fluido, non bene precisato, che dovrebbe

colmare i grandi spazi interplanetari ed al quale fu dato il nome di *etere*. Dobbiamo a Fresnel l'aver precisate le proprietà di questo *etere*, per spiegare il fenomeno della luce. Sinchè lord Kelvin, e cioè William Thomson, ci presentò la sua famosa teoria degli *atomi vortici*, già intuita da Helmholtz. Intanto lord Kelvin presentò l'*etere* come una sostanza universale, perfettamente omogenea e continua, di struttura semplice, che riempie l'universo sino ai più remoti confini dello spazio. Alcune porzioni di questa sostanza sono in riposo od animate da movimento non rotatorio e sarebbero quelle che trasmettono le ondulazioni della *luce*, altre rotando velocissimamente costituirebbero degli anelli vorticosi (come quelli che possiamo osservare innalzarsi col fumo della nostra sigaretta) i quali, a cagione appunto di questo loro moto fortemente rotatorio, vengono ad assumere una compattezza ed una rigidezza che le tiene separate e distinte dal mezzo in cui si sono formate: e sarebbe questa quella che noi percepiamo come *materia*. Questo *moto* che diventa *rigidezza* costituirebbe tutti i corpi e le sostanze materiali che conosciamo.

Questa dunque la famosa ipotesi del Thomson: una sostanza continua che riempie lo spazio, che può vibrare come luce, che può scindersi in elettricità positiva e negativa, che « in vortici » costituisce la materia e che per *continuità*, e non per urto, trasmette ogni azione o reazione della quale la materia è capace. Secondo lord Kelvin questo *etere* possiederebbe le proprietà di un fluido perfetto, senza attrito. I « vortici » su citati esisterebbero dalla origine (a noi ignota), formerebbero gli atomi dei corpi (atomi vortici) non aumenterebbero mai nè diminuirebbero e, come non sappiamo crearli così noi non possiamo distruggerli. Indistruttibilità e indivisibilità dunque: queste sarebbero le proprietà fondamentali degli atomi di lord Kelvin. Il lettore ha veduto le nuove ipotesi sopra la costituzione dell'atomo: non si ammette più la sua indivisibilità; ma possono essere indivisibili i suoi elementi costitutivi, anzi l'ultimo fondamentale: l'elettrone.

Ma mille difficoltà cozzano contro l'accettazione assoluta di questa concezione del *mezzo ignoto* che trasmette le varie manifestazioni dell'energia e della vita della materia: la luce, il calore... Le nuove teorie elettro-magnetiche hanno cercato di dare una nuova interpretazione a questo enimma del *mezzo intermediario* per il

La nuova estetica della modernità meccanica.

(La costruzione delle grandi dighe per bacini alpini, Impianti S.I.P. in costruzione. Scuola Selt - Torino).

quale si manifestano le azioni a distanza. Ritorniamo a Faraday. Perchè il magnete, la calamita, attrae un pezzo di ferro?... Perchè — ci ha detto Faraday — si può imaginare che il magnete susciti nello spazio circostante una certa « realtà fisica » che si chiama *campo magnetico*. Questo campo agisce sul pezzo di ferro in modo che questo è spinto a muoversi verso il magnete. Così i fenomeni elettromagnetici e la propagazione delle onde elettriche si possono teoricamente spiegare. Non solo, ma si potrebbe comprendere in modo analogo l'azione della gravitazione, ossia dell'attrazione terrestre. Ci dice Einstein, per spiegarci la ragione per cui una pietra sollevata in alto e poi lasciata libera cade a terra: l'azione della Terra sulla pietra avviene indirettamente. La Terra produce tutt'a l'intorno un *campo di gravitazione* il quale agisce sulla pietra e ne provoca la caduta. Di mano in mano che ci si allontana dalla Terra — ci dice ancòra Einstein — l'intensità dell'azione su di un corpo diminuisce, giusta l'esperienza e secondo una legge pienamente determinata.

***

Certo è che quando, nel secolo scorso, s'intuì la grandissima rassomiglianza ch'è fra la luce e le onde elastiche nei corpi ponderabili, l'ipotesi dell'etere ne fu molto rinforzata. Dopo le esperienze brillantissime di Fresnel (verso il 1825) sopra i fenomeni d'interferenza, di diffrazione e di polarizzazione della luce, sembrò indubitabile che la luce dovesse essere un movimento vibratorio attraverso un mezzo elastico ed inerte che deve riempire tutto l'universo. La polarizzazione, specialmente, rafforzò il concetto che codesto *etere* dovesse possedere le proprietà di un corpo rigido, ossia solido, giacchè è solo in un corpo solido e non già fluido che sono possibili le onde trasversali. Anche le famose esperienze compiute dal Fizeau nel 1851, ripetute e poi confermate da Michelson e Morley nel 1889, sopra la velocità di propagazione della luce in una colonna d'acqua in movimento per dimostrare il trascinamento parziale delle onde di luce dalla materia in moto, confermarono i caratteri speciali che doveva possedere l'etere. E ne sorse quella particolare teoria dell'*etere luminoso immobile e quasi rigido*, le cui parti non possono effettuare altri movimenti che dei piccoli moti di deformazione, i quali corrispondono alle onde luminose.

Ma l'evoluzione della teoria dell'elettricità, con Maxvell e con Lorentz, portarono concetti nuovi sopra l'essenza di questo mezzo imponderabile e così incerto e tuttora tanto discusso. Per Maxvell l'etere era ancora una *cosa dotata di proprietà puramente meccaniche* (adoperiamo le parole di Einstein), sebbene queste proprietà dovessero essere qualcosa di più complesso che non sieno quelle dei corpi solidi. Ma — ci dice Einstein — nè Maxvell nè i suoi successori riuscirono ad imaginare un « modello meccanico » per l'*etere*, capace di fornirci una interpretazione meccanica soddisfacente alle leggi del *campo elettromagnetico* (la « realtà fisica » di Farady). Come le leggi, teoricamente, apparivano chiare e semplici, le interpretazioni meccaniche erano all'incontro oscure e contradittorie.

Hertz interpretò tanto l'etere libero nello spazio che la materia come « supporti » di velocità, di energia cinetica ma sopratutto di campi elettro-magnetici. La materia inoltre doveva possedere in sè una certa quantità di etere che prendeva parte ai movimenti della materia stessa con uguale velocità, contro i risultati della esperienza del Fizeau che accennammo. Ecco come ci spiega Einstein il concetto di Hertz: « L'etere sarebbe del tutto simile alla materia ponderabile ed occuperebbe il suo stesso rango. Nella materia esso prende parte ai movimenti della stessa e possiede dappertutto nello spazio vuoto una velocità, sì che la velocità e l'etere sono distribuiti in maniera continua in tutto lo spazio. Come principio, l'etere di Hertz non si distingue in nulla dalla materia ponderabile, la quale è composta di parti di etere ».

H. A. Lorentz venne, a questo punto, a ristabilire l'accordo tra la teoria e l'esperienza. Egli tolse all'etere le sue proprietà meccaniche ed alla materia le sue proprietà elettro-magnetiche. Non solo nello spazio vuoto ma bensì pure nell'interno dei corpi materiali, l'etere, e soltanto lui (e non la materia atomica), è la sede dei campi elettromagnetici. Le particelle elementari della materia sarebbero, secondo Lorentz, le sole capaci d'effettuare dei movimenti: la loro azione elettro-magnetica risiede unicamente nel fatto ch'esse recano in sè delle cariche elettriche.

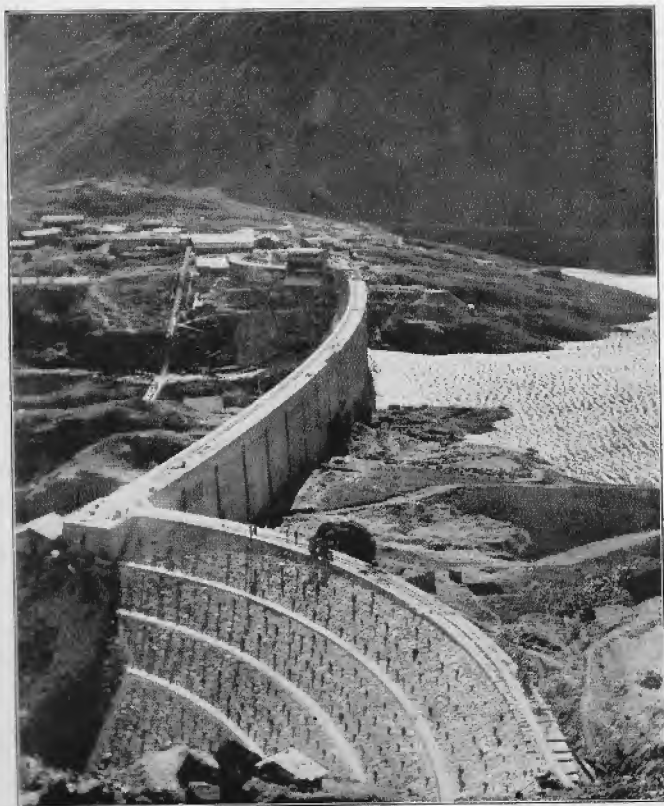
Ed ecco il pensiero di Einstein sopra il concetto dell'etere secondo le sue teorie della relatività. « Negare l'etere — egli ci dice — significherebbe, in fondo, che occorre supporre lo spazio vuoto privo di

qualsiasi proprietà fisica. Ora i fatti fondamentali della meccanica non si trovano affatto d'accordo con questa concezione. Lo stato meccanico di *un sistema di corpi* che si muove liberamente nello spazio vuoto dipende, non soltanto dalle sue posizioni relative (distanze) e dalle velocità pure relative, ma pur ancòra dal suo stato di rotazione il quale, dal punto di vista fisico, non devesi concepire come un carattere appartenente al sistema in sè stesso ».

Ed Einstein così conclude: secondo la teoria della relatività generale lo spazio è dotato di proprietà fisiche; in questo senso esiste di conseguenza un etere. Quindi, sempre secondo la teoria della relatività generale, uno spazio senza etere sarebbe inconcepibile, poichè non soltanto la propagazione della luce vi sarebbe impossibile, ma non vi sarebbe del pari alcuna possibilità di esistenza per le regole di misura e per gli orologi, e quindi per le distanze spazio-temporali nel senso della fisica. Questo etere pertanto non deve essere concepito come dotato della proprietà che caratterizza i « mezzi » ponderabili, e cioè come costituito di « parti seguibili nel tempo » poichè la nozione del movimento non deve essergli applicata ([1]).

Occorre pel nostro lettore qualche schiarimento. Noi dobbiamo, per comprendere questi concetti dell'Einstein, concepire una *unità* unica, la « materia-energia », chiamata *campo*. Essa è il fondamento di quanto esiste, originaria del mondo (nel senso di universo) e va concepita come un moto continuo ed in continuo mutamento, *ma indistruttibile*. Ora, nello spazio per noi reale, quello cioè per noi accessibile con la mente e con i sensi, esistono dei punti materiali, quelli cioè che contengono la materia, che sono i *campi*, e degli altri punti immateriali, quelli ove più non trovasi questa materia-energia. Quivi agisce una speciale energia, la *gravitazione*, la quale opera fisicamente secondo il proprio *campo di gravitazione*. Le proprietà fisiche che a questo « campo di gravitazione » appartengono sono connesse allo spazio ed al tempo. Noi possiamo chiamare l'insieme di queste proprietà fisiche dello spazio *etere* o, come vuole l'Einstein, *etere gravitazionale*. Il « campo di gravitazione » determina dun-

---

([1]) V. *L'éther et la teorie de la Relativité* - par A. EINSTEIN - traduzione francese di M. SALOVINE - Paris - Gauthier-Villars, 1921.

Visione della nuova estetica panoramica.

(La grande diga di Cignana. Novissimo impianto in costruzione della S.I.P. di Torino. Scuola Self - Torino).

que, in ogni tempo, l'etere e coordinatamente le proprietà metriche dello spazio e del tempo.

Quindi possiamo dire che, secondo le nuove teorie einsteniane, il concetto di *etere* viene conservato per concepire le *realtà* che avvengono nello spazio ove più non è materia nè energia elettromagnetica. Di fronte alla *materia* questo nuovo *etere gravitazionale* corrisponde allo spazio. La sua differenza con l'etere classico di lord Kelvin è questa: che mentre il primo era il complesso di *tutte le proprietà* fisiche dello spazio, uguali in ogni punto, l'etere della nuova concezione è associato con la materia, considerata come campo magnetico, ch'esiste nello spazio e che varia nel tempo e nello spazio.

Ritorneremo a questi concetti nel capitolo sulla *Sintesi dell'Universo;* intanto vediamo come, con le nuovissime indagini sopra la costituzione della luce, la vecchia concezione dell'etere venga definitivamente ripudiata.

Che cos'è la luce? — è la domanda alla quale tutti i fisici moderni, sino dal principio del secolo passato, si sono sforzati di dare una risposta.

La luce viene a noi sotto forma di ondate o con piccoli getti di materia luminosa, come le particelle odorose di un granello di muschio arrivano sino alle nostre nari?... Questa seconda domanda non è davvero d'oggi. Essa ci perviene dall'antichità di oltre due mila anni. Se la mossero Empedocle e Aristotile. Se la ripeterono Keplero, Descartes, Newton, Laplace, Huyghens, Eulero. Ce la ripetiamo ancòra noi, malgrado tutte le recenti conquiste della scienza che ci fanno ormai ritenere la luce della identica natura di tutte le vibrazioni elettromagnetiche che oscillano nel piano dell'onda perpendicolarmente al raggio.

Da Empedocle a Laplace si disse: la luce non può essere che un fittissimo bombardamento di piccolissimi proiettili; da Aristotile a Huyghens si pensò che la luce, come il suono, non doveva essere che una sottil catena di vibrazioni attraverso l'atmosfera.

Ma le obbiezioni, da ambo le parti, s'incrociarono. Sta bene, dicevano i fautori del bombardamento agli altri, la luce si propaga

a onde come il suono: ma questo ha bisogno dell'aria per vibrare. Com'è allora che la luce ci viene dal sole e dalle lontanissime stelle dal pieno vuoto?... Ed ecco che i rivali rispondevano: perchè tra noi e il sole e le stelle c'è l'*etere* che vibra come l'aria pel suono. Sta bene — rispondevano ancòra i non convinti — ma padre Grimaldi nel 1665 scoperse una strana quantità di fenomeni fra i quali è questo: se voi fate cadere un bel raggio di sole sopra un foglio di carta bianca la illuminate a pieno; ma io faccio cadere sullo stesso foglio così illuminato un altro raggio, che fo' venire da una via traversa, e ve lo rendo oscuro. Badate che anche questo secondo raggio, se cade da solo sul foglio bianco, ve lo illumina come il primo! Ora come spiegate voi, col vostro bombardamento di particelle luminose, questo strano fatto?... Le particelle si mangiano una con l'altra e... non resta più niente di esse?... Ve lo spieghiamo invece noi con la nostra teoria delle onde. Gettate una pietra nell'acqua di una vasca: sapete cos'avviene. Produce delle onde. Gettatene un'altra. Produrrà anch'essa le sue onde. Avremo dunque due serie di onde identiche e che si propagano nello stesso mezzo il quale, nel caso nostro, è l'acqua della vasca. Cos'avviene? Ricordate un momento la somma algebrica delle quantità di segno contrario, cioè positive e negative, poichè il movimento dell'acqua nella vasca in questo momento non è altro che una somma algebrica. Tenete presente pure che l'acqua, così mossa dalla caduta delle due pietre, formerà delle piccole creste e dei solchi. Ora se una cresta di una delle ondate coinciderà con la cresta dell'altra, avremo una somma di creste, come se un solco dell'una si unisce al solco dell'altra avremo un solco somma: tanto le due creste sommate che i due solchi ci daranno per conseguenza uno spostamento d'acqua doppio, perchè *somma*. Ma pensate un poco cos'avviene se una cresta viene a coincidere con un solco... I due movimenti sono in opposizione: sono due quantità di segno contrario che s'incontrano. Ora il vostro maestro d'algebra vi ha insegnato che quando due quantità di segno contrario si sommano danno per risultato la differenza dei loro valori con il segno della maggiore. E vi ha detto anche che quando i due valori (che ha chiamati *assoluti* per distinguerli dai *relativi* dati dal segno + o —) sono esattamente uguali danno come risultato zero. Ossia si annullano, si distruggono. Questo avviene per le nostre ondate uguali ma

di segno contrario: esse si distruggono. E l'acqua della vasca si mette in quiete. Lo stesso avviene fra i due raggi di sole. Unendosi essi invece di aumentare la luce, come farebbero se fossero una somma di particelle luminose, si distruggono. *Noi abbiamo creato le tenebre aggiungendo luce a luce!*

***

È questo il famoso fenomeno ottico dell'*interferenza*, segnalato per la prima volta dal padre Francesco Maria Grimaldi, gesuita bolognese (1618-1663), celebre matematico e fisico, il quale con la sua opera *Physicomathesis de lumine*, pubblicata nel 1665, intuì una quantità di verità sulla luce che hanno aperto la via ai moderni, e fornì a Newton la base per la sua teoria dei colori. Questa *interferenza* della luce si ottiene così: fate sovrapporre nello stesso punto due raggi di luce provenienti dalla stessa sorgente ma che abbiano percorso due cammini differenti in lunghezza di onda (mezza lunghezza o un multiplo di essa). Con altre parole più chiare pel nostro lettore: se avete due onde tali che l'una *anticipi* o *ritardi* rispetto all'altra di mezza lunghezza d'onda (oppure di un numero *dispari* di mezze lunghezze d'onde) si annulla il loro movimento.

Ma i fisici contrari alle onde (Keplero, Newton, Laplace) obbiettarono subito un'altra grave questione. Se la luce — essi dissero — è dovuta ad un movimento vibratorio, dovrebbe trasmettersi in tutte le direzioni. Come avviene allora ch'essa viene fermata da un corpo opaco?... Non dovrebbero esistere le ombre! Risposero Fresnel e gli scienziati che, dopo lui, continuarono le sue scoperte sopra i fenomeni d'interferenza, di diffrazione e di polarizzazione della luce. Sì, risposero, le vibrazioni luminose penetrano proprio anche nelle ombre! Quella che a noi appare come l'ombra oscura del corpo opaco in realtà non è mai un'ombra perfetta: giacchè sono in essa una quantità di raggi secondari... È rimasta celebre l'esperienza del Poisson: se rischiarate un piccolo disco opaco di uno o due millimetri con un punto luminoso, la sua ombra presenta una regione centrale brillante come se lo schermo non esistesse.

Ed ecco Fresnel che venne finalmente a dare una base solida

I fari d'oggi.

(Sull'aviolinea Parigi-Londra).

alla teoria ondulatoria della luce. Egli considerò la luce come dovuta ad un movimento vibratorio delle particelle dell'*etere*, e la paragonò a quello che anima un'asticella d'acciaio fissata ad una estremità se spostiamo dalla sua posizione di equilibrio l'altra estremità libera. Fu la teoria delle *onde elastiche* della luce. Come già aveva intuito Faraday sino dai primi del secolo decimonono occorreva un *mezzo* che vibrasse: e lo aveva chiamato *fluido induttore*. Era questo fluido *sui generis* che doveva servire da agente di trasmissione alle azioni elettriche, magnetiche ed ottiche. Era dunque l'*etere?*... E fu Maxwell che pel primo disse che un'identità assoluta deve legare le perturbazioni elettromagnetiche che si propagano nello spazio lungo questo fluido e le onde luminose. Precisò anzi di più: la luce, disse, ha origini elettro-magnetiche.

Le onde luminose non sarebbero dunque prodotte dalle vibrazioni della massa materiale degli atomi ma degli elettroni ad essi congiunti. Ricordiamone il processo. Un atomo — che elettricamente è neutro — contiene elettroni positivi e negativi: mentre le cariche positive formano il nucleo relativamente immobile gli elettroni negativi ruotano intorno ad essa, trattenuti dalla forza elettrica. Ora, queste rapidissime oscillazioni di cariche elettriche generano le onde elettriche ed elettromagnetiche che costituiscono la luce. (Vedi la figura a pag. 193).

Questa è la teoria proposta da Lorentz.

***

E allora finalmente fu detto: tutti i raggi che conosciamo hanno la stessa, unica, identica origine. I raggi hertziani, quelli infrarossi, i luminosi, i raggi ultravioletti, i raggi X, i *gamma* del radio. Essi si propagano con la stessa velocità di 300.000 chilometri al minuto secondo, capaci dunque di compiere sette volte il giro della nostra terra in questo minuto secondo. Unica differenza fra l'uno e l'altro la lunghezza delle loro onde. Pochi decimilionesimi di millimetro per alcuni, come i raggi *gamma* del radio, parecchi chilometri per le onde hertziane delle grandi stazioni di radiotelegrafia.

La teoria delle onde pareva dunque ormai solidamente assodata. Non lo era.

Doveva sorgere un uomo che con una sua nuova ardita concezione portava una rivoluzione generale sopra quanto sino a questo punto s'era creduto ormai definitivo. Quest'uomo fu il fisico tedesco Max Ludwig Planck, professore nell'università di Berlino. Egli partì dal concetto che ogni sorgente luminosa non può lanciar fuori nè assorbire energia, a salti bruschi, ma eguali, a gradi, ad unità discrete, multiple di una piccolissima quantità elementare che costituiscono l'atomo — il *grano* — di energia, che chiamò *quantum*. E ne concluse: tutte le radiazioni, di luce, di calore, di qualsiasi forma, vengono emanate in piccole parti che chiameremo *quanti*, le quali sono invariabilmente proporzionali alla lunghezza d'onda, e cioè alla *frequenza* della causa *disturbante*. Per comprendere quest'ultima parola dobbiamo ritornare sinteticamente ad una importante precedente scoperta del professor Bohr. Questi aveva osservato che quando gli elettroni di un corpo sono messi in movimento e spinti fuori dallo stesso corpo, avviene un *disturbo* negli atomi che li circondano. Ne deriva che questi atomi sopportano un temporaneo cambiamento nelle dimensioni delle loro orbite. Ritornando al loro stato normale emettono dell'energia radiante, fra cui i raggi *gamma*. Questi non sono più composti di elettroni, non portano quindi carica elettrica: eppure essi sono animati da una *definita* quantità di energia, che fu trovata in esatto rapporto col « disturbo » che li ha generati.

Nello stesso modo quando un raggio di luce (e così pure una corrente elettrica) s'imbatte in un corpo, porta una scossa sopra le orbite degli atomi superficiali del corpo urtato, sì ch'esse ne vengono in certo qual modo sformate. Nel rimettersi nello stato primitivo, nel raggiustarsi, anch'essi sviluppano una energia, che è la *radiazione*. Sono dunque queste emissioni di energia, queste emanazioni della stessa, ossia *radiazioni*, che vengono causate da « disturbi » nelle orbite elettroniche degli atomi, che a noi appariscono come luce, calore, raggi X... Tutte manifestazioni di emissione di energia — ripetiamolo — provenienti da una causa unica, la cui sola differenza fra le stesse è la *frequenza* del fattore « disturbante » che le ha originate.

Con questa nuova teoria cadono molte cose: anzitutto l'*etere* e, in conseguenza, la teoria delle onde. Le radiazioni tutte non sa-

rebbero più le onde che rassomigliammo a quelle dell'acqua nella vasca o nel laghetto, ma, secondo Planck e i suoi seguaci (tra i quali sono Einstein ed il nostro Enrico Fermi, come tra poco vedremo), ma infinitissimi *globuli di energia*, lanciati in ogni direzione. Ciascuno di essi avrebbe la istessa quantità di energia, sino a che la sorgente che li produce viene eccitata ad una data freguenza.

***

Ma hanno veramente distrutto, questi « globuli » di Planck, questi piccolissimi *quanti di luce*, la teoria ondulatoria?... Non si può dire ancora del tutto. Chè le due scuole sono oggi in un certo antagonismo, o, meglio, cercano di spiegarsi, di compenetrarsi, o ancòra meglio, di completarsi l'una con l'altra.

Diciamo intanto che questa teoria si ricollega a quella antica del « bombardamento » di Empedocle e di Laplace, e che le stesse obbiezioni che i fautori delle onde muovevano ad essa e che abbiamo a suo luogo ricordate si possono rinnovare per questa nuova. Come si spiegano con la nuova concezione di Planck i fenomeni d'interferenza, di diffrazione e di polarizzazione della luce?... E ci sentiamo costretti qui a ripetere, per incidenza, quel che già dovemmo più volte nel corso di queste pagine osservare: le teorie umane ritornano sempre sopra sè stesse! Quello che un giorno fu ripudiato ritorna ad essere ripreso in esame sotto nuovi aspetti; la verità di oggi non è più quella di ieri, come non sarà più quella di domani. Le teorie degli uomini — disse una volta Nansen — sono instabili come i ghiacci polari.

La più bella riprova ce la dà, ad ogni passo la storia del pensiero umano. Abbiamo ricordato al lettore la concezione degli *atomi vortici* di William Thomson (lord Kelvin). Orbene, in un giorno lontanissimo dalla nostra storia — venticinque secoli fa! — vi fu un uomo, un filosofo, che divinò gli atomi della materia. Solo gli atomi esistono — egli insegnava ai suoi discepoli — che sono piccolissime parti tutte identiche nella natura della sostanza che le compone. Il mondo è fatto di atomi — diceva — e questi atomi si *muovono in vortici*, tanto rapidi che si trasformano per i nostri sensi in luce, calore, suono, odore, gusto: in tutte le manifestazioni

Vecchi fari.

(L'antico doppio faro di Fastenet in Irlanda).

della vita. Tutto l'universo non è, raccontava ancòra, che una ridda fantastica e incessante di questi atomi che nel loro turbinìo s'aggirano in uno sconfinato e infinito vuoto di ogni altro... Quest'uomo, questo pensatore, vissuto in Grecia duemila cinquecento anni prima delle nostre elucubrazioni odierne, si chiamò Democrito. E il suo nome — strano ricorso nella storia delle idee — doveva venir associato, attraverso le êre e le induzioni ipotetiche che si susseguirono, sempre distrutte e sempre rinnovantesi, con il nome di William Thomson, parlando delle teorie dell'etere cosmico...

Ritornando a Planck e alla sua rinnovata concezione su l'intima costituzione della luce certo è che con essa la fisica d'oggi viene a trovarsi di fronte a due teorie, non in antagonismo, ma veramente estranee l'una all'altra: quella ondulatoria che pareva ormai già stata accettata definitivamente da tutti, sebbene piena di punti oscuri, e questa nuova dei *quanti* che lascia tuttora molti perplessi. Ma si tratta veramente di una scienza nuova, ancòra in gran parte ai primi passi, poichè se lascia intravedere vasti orizzonti forse mai pensati, presenta tuttavia quesiti inspiegabili o per lo meno contradittori. Diciamo intanto che come fu appoggiata dal Poincarè, il grande fisico e matematico, l'intuitore geniale di quel che la scienza dovrà pure dirci un giorno, essa ha servito ad Einstein, fra l'altro, pe' suoi calcoli nel calore specifico dei corpi. Malgrado questo però la teoria dei *quanti* sarebbe rimasta forse come una bella e audace ipotesi rivoluzionaria ma non ancora convincente, se non fossero venute a rafforzarla e darle credito alcune importantissime scoperte di questi nostri ultimi tempi, quale l'effetto fotoelettrico, l'effetto Compton, le esperienze di Davidson e di Germer... I *fotoelettroni* che si sprigionano da una superficie metallica quando la si illumina con un raggio di luce di frequenza abbastanza elevata (fenomeno che si riproduce pure nei gas e nei vapori) gli elettroni che Davidson e Germer videro diffondersi in direzioni determinate dalla superficie pulitissima di un cristallo di nikel battuta da un fascetto di raggi catodici, difficilmente si potrebbero spiegare con la vecchia teoria ondulatoria: mentre quest'esperienze ci mostrerebbero in « modo assai impressionante », come ci dice Enrico Fermi, una profonda analogia tra i corpuscoli e la luce.

Però le due teorie, oggi, più che combattersi cercano di compe-

netrarsi a vicenda, o meglio, integrarsi, completarsi l'una con l'altra. E questo è il compito più appassionato dei giovani scienziati nostri. Fra i quali poniamo primo, ed a titolo d'onore, Enrico Fermi. Certo è — egli ci afferma — che può dirsi in complesso come oggi manchi una teoria della luce che renda conto in modo soddisfacente di tutti i fenomeni. Poichè alcuni di essi si interpretano naturalmente con la teoria ondulatoria, altri con quella dei *quanti* di luce. « Resterà compito della fisica di domani costruire una nuova teoria che riunisca in sè i vantaggi delle due: frattanto si è costretti ad usare nei vari casi, e secondo l'opportunità, ora l'una e ora l'altra delle due teorie ».

E chiudendo la sua opera *Introduzione alla fisica atomica* il Fermi si congeda dallo studioso ribattendo ancòra con queste significative parole: « Resterà compito della fisica di domani la costruzione definitiva di una teoria che sostituendo forse alle ordinarie concezioni della fisica e della cinematica una interpretazione statistica delle varie grandezze completi la conciliazione tra il gruppo di fenomeni che suggeriscono una rappresentazione ondulatoria della luce e della materia e quello invece che porta ad attribuire ad esse una struttura corpuscolare ».

Poichè è tutto un orizzonte nuovo in questa *fisica di domani* che codesti valorosi ci stanno prospettando dalla quiete operosa dei loro laboratori. Ne avremo qualche idea nel capitolo che segue.

Frattanto quante cose ci ha rivelato la scienza che ora ci siamo accordati di chiamare classica, eufemismo che adoperiamo per non dirla vecchia! Quale meravigliosa fantasmagoria, ci ha mostrato, di fremiti luminosi che corrono per l'universo! Anzitutto la gamma sfolgorante della luce bianca quando scissa dallo spigolo del cristallo ci offre le sue sette luci monocromatiche, e cioè quelle che sono accessibili alla nostra vista come *colore*. Ognuna di esse è caratterizzata dalla sua lunghezza d'onda, ch'è sempre piccolissima: qualche decimillesimo di millimetro e non più, lo abbiamo veduto. Ma ad esse corrispondono viceversa enormi numeri esprimenti la frequenza, ossia il numero delle oscillazioni. Quella di un raggio rosso è di 400

trilioni al secondo, e quella della luce violetta è il doppio, 800 trilioni. Media di esse, per la frequenza, è il verde. Orbene, per avere un'idea della vastità del numero di questi battiti di luce pensate solo questo: ch'esso corrisponde a diecimila volte il numero dei secondi che sono passati dall'inizio della nostra êra volgare ad oggi!

I corpi che il calore rende incandescenti diventano grandi focolari di radiazioni delle quali noi non possiamo usufruire che una minima parte. E così è per noi d'ogni sorgente di luce e di calore. Il carbone che bruciamo non ci dà che un solo decimo dell'energia calorifera che produce: le lampade elettriche solo il cinque per cento: tutto il resto della loro energia si disperde nello spazio sotto forma di calore irradiato. Il giorno in cui verrà finalmente scoperta la costituzione della luce *fredda*, quella cioè che non dà più nessun calore ma solamente luce, questa sarà tutta per noi. Pel momento dobbiamo contentarci di ammirarla, nelle belle calde notti d'estate, nelle lucciole e nei vermi luminosi, esclusivi possessori di tanta ricchezza di luce. E sappiamo ch'è appunto su di essi che Dubois la studiò. Ma l'ha pure studiata nella folade marina, un mollusco luminoso, dalla cui analisi ricavò le due sostanze, la *luciferina* e la *luciferasi*, che unendosi danno la luce emessa dall'animale. E scoprì che la *luceferasi*, prodotta nelle glandole del mollusco (*Fholas dactylus*) è un prodotto « vivente » mentre la *luciferina* è un prodotto chimico, non vivente, che serve di eccitante alla prima. Anche questa *luce fredda* animale è un mistero che finora non è stato risolto.

***

E la luce c'introduce nell'enigmatico mondo dei colori. Il mistero del colore!... Quale vasto quadro pieno ancora, e forse per sempre, d'incognite per noi!

Nulla di più delicato, di difficile puranche, dello studio delle nostre sensazioni luminose. Il nostro occhio non percepisce, lo sappiamo che una piccolissima parte delle ondulazioni luminose: tutti i corpi al disotto di 500 milionesimi di millimetri d'onda ci appariscono oscuri. Se vi fosse un occhio atto a raccogliere impressioni didiverse dai raggi di tutte le rifrangibilità — ha scritto il Roiti — sarebbe testimonio di spettacoli che a noi è dato appena di con-

Luci boreali. — *(Baia della Maddalena).*

getturare. I diversi corpi che a noi sembrano tutti egualmente oscuri ci apparirebbero diversamente colorati in ragione dei loro spettri caloriferi più o meno estesi, più o meno intensi in una regione anzi che in un'altra. D'altro canto i corpi luminosi, che noi giudichiamo egualmente bianchi, darebbero luce diversa secondo che fossero più o meno ricchi di certi raggi attinici o di certi altri. Ed i corpi che a noi appariscono diafani ed incolori, come i cristalli, il salgemma, il diamante, le diverse qualità di vetro, acquisterebbero tinte svariatissime e forse smaglianti.

Tutto un mondo di luci e di colori è conteso al nostro occhio limitato. Ma che dire poi degli animali? Essi sono, a questo riguardo, più ciechi di noi. Le ultime osservazioni di Hess, condotte col massimo rigore scientifico, ci portano a credere che nel complesso la visione cromatica negli animali sia molto più povera della nostra, e che anche in questo fatto bisognerà oggi sfatare molte erronee leggende. Ci hanno sempre detto che gl'insetti vengono attirati dai vividi colori dei fiori, che le penne smaglianti di certi uccelli sono per gli stessi un'attrattiva per certi periodi della loro esistenza: gli studi dell'Hess starebbero a smentire il fatto. Ci dice il nostro Prof. Giuseppe Ovio — un maestro del ramo — che circa la visione dei colori negl'insetti come negli uccelli noi ben poco sappiamo e che si rendono necessari a questo riguardo studi nuovi, diretti verso altre vie diverse da quelle sino ad oggi seguite. Quanto al colore delle penne negli uccelli ed al colore dei fiori per gl'insetti ci osserva: bisogna che ci persuadiamo del contrario di quanto fino ad oggi s'è creduto. Giacchè gli uccelli sono caratterizzati da una particolare *cecità* per l'azzurro, e molte delle loro penne sono azzurre! Per gl'insetti la cosa è ancora più decisiva: *essi ci mostrano qualità visive analoghe a quella della cecità cromatica totale*... L'Ovio ci osserva a questo proposito: e realmente che bisogno avrebbero gl'insetti di distinguere specificamente i colori? Anche con la cecità totale cromatica i colori si distinguono per i loro valori di chiarezza, ed a questi anche gli animali inferiori sono sensibili. Gl'insetti vanno ai fiori, di qualunque colore essi sieno. Molti si dirigono ad essi verso sera, quando anche noi cominciamo a non distinguere più bene i colori. Con la cecità totale dei colori, il colore che si distingue meno bene, in causa del suo minimo valore di chiarezza, è il rosso. E i fiori

rossi nella natura non sono tra i più diffusi. Molti di quelli che comunemente diciamo rossi, sono di un rosso contenente del bianco o dell'azzuro, come il comune *color di rosa*, e sono il bianco e l'azzurro che hanno i maggiori valori di chiarezza. Certamente dinanzi al

Il primo tipo di faro aeronautico.

mondo dei colori così vasto, così completo, siamo tentati di chiederci: possibile ch'esso, quasi tutto, per la massima parte degli animali sia chiuso?... Ma cessa ogni meraviglia se riflettiamo che anche noi, così bene dotati e favoriti, non usufruiamo col nostro occhio che di una minima parte dello spettro solare!

Tutto questo distrugge o per lo meno modifica in gran parte quanto sino ad ora s'era detto e creduto sopra le funzioni che il colore avrebbe nel mondo naturale. Ci hanno insegnato a scuola che gl'insetti aiutano la impollinazione dei fiori perchè attirati dai loro vividi colori: ma il fatto di *non vederli* nel senso che pensiamo noi modifica del tutto questa concezione. S'è pure detto che il colore è un fattore *protettivo* per gli animali, specialmente per quelli marini. Molti fatti, meglio osservati oggidì, ci lasciano anche su questo molto perplessi. Vi sono in mare certe piccole meduse azzurrine e trasparenti che amano vagolare a fior d'acqua sotto l'altro grand'azzurro del cielo. Esse sembrano quasi incorporate con l'onda, per il loro colore che non le fa distinguere da essa. Parrebbe che in questo modo la natura abbia provveduto per difenderle dagli infiniti nemici che d'ogni intorno insidiano pure le piccole meduse, vero?.... Ma sentite che cos'avviene. Ecco che sotto la luce si mettono a irradiare colori più vividi ed iridati, i quali le farebbero a noi paragonare a bei fiori acquatici. A larghi voli nell'azzurro dell'aria s'aggirano scrutatori gli uccelli marini. Il loro occhio acutissimo le ha scorte subito! E si precipitano sopra le cristalline ed eleganti meduse a cui natura ha dato la trasparenza e l'azzurrino per nascondersi nell'onda e nel contempo le vive iridescenze per rivelarsi ai predatori... Come conciliare i due fatti voluti dalla natura, provvida sì, ma in certi casi, feroce?...

È vero che la natura lavora per tutti. Eccovi un altro quadretto che ci dice molte cose in proposito Sul fondo roccioso di una scogliera marina che s'inabissa a molti metri nell'acqua verdazzurra è un angolo buio, riparato dalle ultime infiltrazioni della luce del giorno terrestre. Tutto è nero là intorno: piccolissimi animaluzzi marini vagolano qua e là, sicuri nella quiete profonda e nell'oscurità che li protegge. Ma ecco che a un tratto strane luci s'accendono verso un antro della roccia sommersa: e i piccoli abitatori oceanici ne sono attratti, come da un miraggio; accorrono tutti colà ove le luci azzurrine sembrano chiamarli. Cos'è? Una piccola fata marina, una minuscola sirena che col suo canto di luce sembra invitarli a uno dei tanti festini abissali che noi non conosciamo? No. È un mollusco di mare, di colorito oscuro, che vive a una certa profondità, dov'è perfettamente invisibile. Ma la na-

tura lo ha provveduto di un'infinità di piccoli organi sporgenti, di un vivo colore azzurro, i quali si sono messi ad oscillare divenendo luminosi. E quando gli animaluzzi randagi si trovano ben vicini ad essi, il mostro si rivela e ne fa preda saporita.

Ma la luce azzurrina ha attirato qualcun altro. È un predatore a sua volta. Nel buio ove si celava il mollusco, questo nuovo mostro non poteva vederlo: le sue luci deliziose (per i nostri occhi) glielo hanno rivelato. E si precipita sopra di esso.

Ora notate: il mollusco era condannato ad un ben fatale e crudele dilemma. Restarsene quieto, nel buio del suo antro acquatico, e morire di fame. Lanciare intorno le sue luci per procurarsi il pasto, ed essere divorato....

Ma lo abbiamo detto. La natura non è parziale: essa lavora per tutti.

***

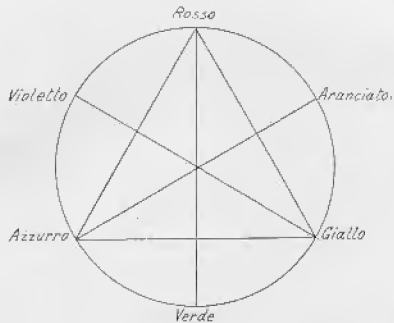
Fatto quindi inesplicabile per noi è lo scopo del *colore*, sparso così a profusione in natura, rispetto all'animale. Il colore delle radici, delle uova, delle nostre secrezioni interne, le infinite sfumature e varietà di tinte che presentano le mille cose naturali: un vero sperperio di colori, che ha il suo regno più completo nel mare. Perchè? La domanda non è oziosa quando si pensi che il nostro occhio, per la speciale trasparenza dell'acqua, non distingue più i colori quando siano immersi ad una certa profondità. E data l'analogia degli organi visivi, è da credere che lo stesso avvenga per gli animali. L'assorbimento della luce da parte dell'acqua ha caratteri particolari e che bene conosciamo. Mentre è minimo per i raggi visibili che s'accostano all'estremo violetto dello spettro è un po' maggiore, secondo il Soret, per i raggi ultravioletti, senza però estinguerli. Ora, seguendo le esperienze di Hess, già a quattro metri di profondità un uomo sott'acqua non distingue più il rosso; a undici metri il giallo si vede appena come un giallo grigio. Mentre all'aria libera un oggetto colorato ci appare pressochè eguale in tutte le sue parti, tanto se guardato da vicino quanto da lontano, nell'acqua è tutto diverso. Il famoso astronomo Halley (quello della cometa che porta il suo nome) fu il primo ad osservare che la nostra mano immersa nel-

l'acqua marina appare rossa al disopra e verde al disotto. L'Hess ha fatto in proposito molte curiose esperienze. Questa per esempio: una palla bianca, appena sott'acqua, guardata da vicino appare bianca al di sopra, verde-grigia al di sotto. Se la palla è gialla (all'aria) guardata da vicino ci si mostra grigio-verde, se rossastra diventa grigio-azzurra. Da uno a due metri di distanza appare del tutto grigia, a tre metri di profondità azzurrastra o verdognola, e i cambiamenti aumentano con la maggiore profondità. Sono note, del resto, le classiche esperienze del nostro padre Secchi e del comandante Cialdi, compiute nel 1865 al largo di Civitavecchia a bordo della corvetta pontificia « *L'Immacolata Concezione* », sulla visibilità degli oggetti immersi nell'acqua marina [1]. Da tutte queste osservazioni l'Hess ne trae la conseguenza che il senso cromatico ai pesci sarebbe dunque « un vero disturbo »! Dal che arguisce la loro cecità totale per i colori.

Come si vede il mondo degli enimmi si va sempre più slargando davanti a noi. Ai tanti già accennati possiamo aggiungere questo: a che serve il colore?...

Sappiamo intanto come si formano i colori. La luce bianca che attraversa un corpo trasparente viene attenuata dei suoi colori elementari e quindi uscirà dal corpo suddetto modificata nella sua composizione fisica, ossia colorata. I colori che si formano in questo modo sono detti colori *per assorbimento* e l'intensità di colorazione del « mezzo » entro il quale si fa passare il raggio di luce bianca, viene misurata con i *colorimetri* o con gli *spettroscopi*. Lo spettro solare ci dà i sei elementi fondamentali della luce bianca, ordinati in questo modo: *rosso, aranciato, giallo, verde, azzurro, violetto*. Essi rappresentano altrettante specie di raggi luminosi, date (secondo la teoria classica) dalle oscillazioni del *mezzo* (etere) e di velocità differenti. L'ottica c'insegna così che il *rosso* dà 450 vibrazioni,

(1) V. il *Mare* di E. ROGGERO (*Utet*, 1928) a pag. 52 e 428. G. OVIO, *Anatomia e fisiologia dell'occhio nella serie animale* (F. Vallardi, 1925) a pag. 502-503. Vedi pure il bel manuale Hoepli: *La scienza dei colori* dello stesso prof. G. OVIO.

l'*aranciato* 500, il *giallo* 530, il *verde* 580, l'*azzurro* 650, ed il *violetto* 770. Sappiamo bene però che non solo fra l'una e l'altra di queste tonalità corrono un'infinità di altri toni o sfumature intermedie, ma che i raggi luminosi non s'arrestano col violetto come non cominciano col rosso. Notiamo intanto che poichè è il numero delle oscillazioni che caratterizza e distingue questi sei colori, il rosso e il violetto sono i colori più distanti e la loro distribuzione in linea

Distribuzione circolare dei colori dello spettro solare.

retta, come li abbiamo posti, risponderebbe alla loro scala graduale. Difatti il rosso e l'aranciato si trovano vicini per il fatto che la differenza di vibrazione fra loro è piccola: il rosso e il violetto sono posti alla distanza massima perchè massima è la loro differenza di vibrazione fra di loro. Ma a questo punto l'Ovio ci fa osservare una cosa giustissima: per il nostro occhio — egli ci dice — come il miscuglio del rosso con il giallo dà l'aranciato, e quello del giallo e di un primo azzurro ci dà il verde, così pure il miscuglio di azzurro e rosso dà il violetto. Perciò, mentre la differenza *fisica* fra violetto e rosso è massima, pel nostro occhio è uguale a quella che esiste fra due qualunque degli altri colori vicini e che quindi rispetto alla prima è minima. In senso fisiologico non sarebbe dunque giu-

stificata la disposizione della serie dei colori su una linea retta. Risponderebbe meglio, perchè i colori corrispondano alla nostra sensazione visiva, se fosse distribuita sopra una circonferenza, perchè in tal modo potremmo porre altrettanto distante l'azzurro dal rosso, come il rosso dal giallo, questo dall'azzurro, l'azzurro dal violetto e quest'ultimo dal primo della scala, e cioè dal rosso... Così pure noi abbiamo detto che la luce bianca è la componente-somma di questi sei colori: difatti mescolando tutti questi colori si ha il bianco. Ma basta mescolare soltanto luce rossa, gialla e azzurra e abbiamo egualmente luce bianca. Perchè? Per il fatto che:

rosso + giallo = aranciato;
giallo + azzurro = verde;
azzurro + rosso = violetto.

Curiose osservazioni si possono fare sulla facoltà di percepire i colori del nostro occhio. Quando posiamo lo sguardo sopra un campionario di colori molto ricco, a primo colpo non riusciamo a distinguerne che un centinaio al massimo. Ma allenandoci sullo stesso finiamo per percepirne un poco alla volta molti di più. Ci racconta l'Ovio: « Si dice che per riprodurre in mosaico i quadri della chiesa di S. Pietro in Roma, sieno state adoperate pietruzze di *venticinque mila* tinte diverse. Non è da credere che gli occhi degli artefici del mosaico, nè quelli dei pittori che aveano dipinto i quadri, abbiano potuto distinguere tutte quelle migliaia di colori. Quando l'artista vuole passare da un colore ad un altro, o anche dal colore propriamente detto al bianco o al nero, non fa che degradare uniformemente la tinta, finchè passa insensibilmente dall'una all'altra. Orbene, lungo tutto il tratto della degradazione, si possono contare quanti gradi si vuole; è semplice questione di fare più grandi o più piccole le suddivisioni, ma si capisce che l'occhio, di tutte queste gradazioni, non è capace di rilevare la differenza, perchè se ne facciamo un numero infinito, infinito sarebbe il potere di discernimento dell'occhio... ». Il che, lo sappiamo, non è veramente.

Molte manchevolezze, purtroppo, ed anche molte stranezze imperano nelle nostre facoltà visive. Così, a differenza dell'orecchio che ci appare più evoluto, o per lo meno più sensibile, l'occhio si limita a subire la sensazione dei vari colori in un senso ch'io chia-

merei grezzo ancòra. Mentre il nostro orecchio distingue — e per molti quasi alla perfezione — i vari toni di un accordo musicale, pur ricavandone la gradevole sensazione di un *tutto* unico, l'occhio da un miscuglio di colori non percepisce che un'unica visione totale. Così se viene colpito da due raggi di luce di colore differente — un rosso ed un giallo per esempio — esso non *vede* che l'aranciato.

Diagramma dell'occhio destro dell'uomo adulto visto in sezione orizzontale, ingrandito cinque volte.

Mentre se possedesse la proprietà discriminativa dell'orecchio (che il fisiologo chiama *potere risolutivo)* avrebbe le due visioni separate e pur contemporanee del rosso e del giallo. Noi vediamo la luce bianca come una *unità:* se l'occhio nostro avesse invece le proprietà dell'orecchio avrebbe la sensazione di un bell'accordo... Vi è chi pensa come questa sia una fortuna pel nostro occhio. Poichè se avesse la proprietà di percepire distinte le diverse tonalità della luce non potrebbe più distinguere le forme e i colori proprî di ciascun

corpo: noi non vedremmo che un bagliore di luci variamente colorate!... Ma anche in questo è un mistero. La sensazione visiva dell'occhio nostro risponde per ora ad un bisogno fisiologico del nostro momento di esistenza: ma chi ci dice che in un nuovo e molto più avanzato periodo della nostra evoluzione umana non si avveri anche per la nostra vista uno stato fisiologico diverso?...

Ci portano sopra questo concetto le scoperte singolari che a proposito dell'evoluzione del nostro occhio furon presentate da alcuni geniali indagatori del nostro passato umano. È interessante ricordare quello che, partendo da un'intuizione di Gladstone (il celebre statista inglese il quale nei momenti di riposo s'occupava di studi di fiolosofia e di letteratura) ci rivelarono Geiger, filosofo tedesco, seguito poi dal dott. Magnus di Breslau. Il Geiger, partendo dal fatto rivelato da Gladstone che molti dei nostri colori non appariscono mai nominati nei poemi omerici, mostrò che il blu del cielo non si ritrova mai nei libri antichissimi dei persiani, nel Zendavesta, nè nella Bibbia e neppure in Omero e venne a conclusioni più ardite di quelle di Gladstone; e cioè che gli uomini ai tempi degli inni vedici, del Zendavesta e della Bibbia non abbiano avuta la facoltà di percepire i colori blu e violetto. E nello stesso concetto convenne più tardi il Magnus. Il fatto è possibilissimo. Sappiamo come esistano in natura un'infinità di luci e di suoni che noi non percepiamo ancòra, ma che percepiremo quando i nostri organi più raffinati ed evoluti saranno in grado di vederli e sentirli. È indubitato che l'uomo d'oggi *vede e sente* molto più che non vedesse e sentisse l'uomo dell'antichità. Ritroveremo questo nel mondo dei suoni. Secondo dunque gli studiosi su citati al tempo dei Vedi, e cioè da 1500 e 1200 anni avanti Cristo, e da 1000 a 800 prima di Cristo nei poemi omerici, il blu e il violetto non erano ancora percepiti, il verde cominciava ad apparire agli occhi dell'umanità, solo il rosso, l'aranciato e il giallo erano i colori perfettamente distinti. Diciamo anche però che queste ipotesi vennero molto discusse e variamente accettate.

***

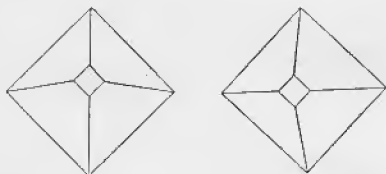
Ma non dobbiamo dimenticare che la sensazione per noi uomini della luce e dei colori, quale a noi appariscono, non è che un fenomeno *relativo*: il prodotto cioè di due azioni particolari, il *movimento* fisico che come vedemmo costituisce la luce, e quello della nostra sostanza nervosa, della quale la retina è la più esposta all'influenza di questi movimenti ed il cervello l'ultimo e il più recondito.

L'ottico c'insegna che se è la *luce composta* che ha agito sulla nostra rètina noi vediamo il *bianco;* se è quella *scomposta*, che abbiamo chiamata *monocromatica*, noi abbiamo le diverse sensazioni del colore: rosso, giallo, azzurro... Ma questi colori di cui noi diciamo avere le sensazioni in realtà *non esistono* negli oggetti e nello spettro colorato! In questo non v'ha che i loro movimenti, un poco differenti solo per la lunghezza dell'onda luminosa che conosciamo e pel numero di queste onde che occorrono in un secondo. Se non vi fosse la sostanza nervosa, atta ad essere modificata in modo speciale da questi movimenti, non vi sarebbe luce nè colori. Noi vediamo la luce del sole, quella delle stelle, i colori del cielo e l'universo ci appare quindi luminoso: ma questo è solo per noi, esseri senzienti forniti degli organi adatti. Fuori di noi l'universo è buio e incolore.

È solo in noi che trovasi il laboratorio che dà luce e colori: fuori di noi vi ha soltanto la materia *atta* ai colori. Se questo laboratorio si guasta e non funziona più rimane l'oscurità. Questo avviene per que' disgraziati che chiamiamo ciechi: il loro laboratorio non funziona, e per essi non v'è più luce, non vi sono più colori! Fuori di noi, dicemmo, la luce e i colori non sono che movimenti oscuri, nel senso che diamo noi alla parola *oscuro*. Disse uno scienziato che fu pure un filosofo: « Il vero *fiat* della Creazione avvenne quando apparve sulla terra la prima materia organica vivente atta alle modificazioni del misterioso etere che ne circonda, perchè allora apparve la luce ».

Questo ci dice come noi facciamo parte intima e viva del gran Tutto, il quale non sarebbe se noi non fossimo col *nostro spirito*.

Il fenomeno di natura *esiste* perchè noi *lo percepiamo*, e unicamente per questo!... Il mondo — nel senso vasto che dà ad esso il filosofo e l'astronomo — si ravviva in noi: poichè il nostro spirito *che vede e riconosce le cose*, fa parte integrale dell'architettura di questo grande Tutto. Le cose naturali non esistono *solo in sè* e *per sè*

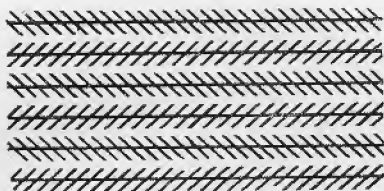
ILLUSIONI OTTICHE.

Immagini di una piramide tronca quale viene vista da ciascuno dei due occhi. Esse non sono identiche, perchè non possono cadere su punti corrispondenti delle due retine.

Il punto interposto ad uguale distanza fra il disco grande e il piccolo, sembra più vicino al disco grande.

ma esistono anche in quanto e come il nostro spirito ha con esse rapporto. La natura, in questo senso, non è sola ed estranea alla nostra vita morale: essa dipende anche da noi, quasi si potrebbe dire che da noi prende essenza e forma, dal nostro spirito che la vede, la studia e che in tal modo le dà vita. E anche qui intendi: vita nel senso della nostra. Poichè, certamente, la vita delle cose, nell'Universo, va intesa in un senso che noi non sappiamo...

E ricominciano a questo punto le domande alle quali non

sappiamo dare precisa risposta. Perchè chiamiamo colorati gli oggetti?... L'unica risposta vera sarebbe questa: *perchè così ci appariscono*. (Tutte le altre del fisico, quando si tratta di domande elementari — e lo abbiamo sempre veduto sinora — non sono in gran parte che ipotesi ed induzioni, ognora contradette o per lo meno

ILLUSIONI OTTICHE.

L'occhio avverte il parallelismo solo per le linee orizzontali alternate, intersecate da linee dirette nello stesso senso.

(secondo *Zöllner*).

Il quadro *A*, diviso con linee orizzontali sembra più alto che largo: invece il quadrato *B*, ripartito con linee verticali, pare più largo che alto.

(secondo *Helmholtz*).

modificate da altre nuove). Possiamo intanto ragionare così: tutte le nostre sensazioni ci provengono dall'esterno e vengono da noi attribuite agli oggetti, i quali perciò si possono dire la *causa esteriore* di esse. Noi percepiamo queste nostre sensazioni degli oggetti e attribuiamo loro — si noti bene — quel *che accade in noi* dopo la loro azione sui nostri organi. È vero che senza i movimenti che par-

tono dalla materia— vibrante? bombardante? non lo sappiamo sinora con precisione! ma certamente *in moto* sempre — noi non potremmo avere quella « modificazione speciale » che costituisca la nostra *sensazione*. Ma poichè noi ci « accorgiamo » della *causa esteriore* senza sapere *come essa agisce*, attribuiamo ad essa tutto il risultato e l'effetto: ed è questo che costituisce la sensazione prodotta nel nostro organismo senziente.

Ma com'è dunque — ci chiederà il lettore — che noi possiamo vedere gli oggetti così diversi di colore, se questo in realtà non esiste in essi come tale?... Possiamo rispondere col fisico. Sappiamo come la luce può essere *assorbita* o *riflessa*, ossia rimandata. Vi sono corpi che l'assorbiscono del tutto e sono quelli che a noi appaiono neri; ve ne sono altri che la riflettono o rimandano tutta, e sono per noi i corpi bianchi; ve ne sono altri ancòra che assorbono solamente alcuni raggi colorati ed altri invece riflettono: e allora li vediamo del solo colore che riflettono. Il grande re della luce è il sole: ora dunque quando la luce solare batte su la superficie dei corpi, questi secondo quella che assorbono o riflettono ci appariscono colorati. Un corpo è violetto pel solo fatto che unicamente questo colore viene riflesso, mentre gli altri sono assorbiti. Ora — ci ha detto Helmholtz — la riflessione di un colore non è che la riflessione di un movimento, e questo agisce sulla rètina del nostro occhio come un colore o movimento che venga dallo spettro, e l'oggetto ci appare colorato. È dunque una selezione della luce bianca che compiono i diversi corpi sopra i quali essa viene a cadere. E questa selezione può avvenire in modi molto diversi. Spesso il fenomeno si limita alla superficie senza diffondersi in profondità. È il caso dei metalli: nella loro compagine la luce non penetra neppure per un decimillesimo di millimetro! Uno strato sottilissimo di metallo ha lo stesso colore del metallo massiccio. Spesso il colore di un corpo è effetto del volume. Così il rosso vivo del rubino proviene da una diffusione della luce nella massa della nobile pietra. Prendete una piccolissima scheggia del più rubescente rubino e vi apparirà incolore. È un caso di diffusione molecolare. Ed a proposito del rubino c'è da notare un fatto curioso. Le piccole impurità, le irregolarità del cristallo, aiutano in esse la diffusione della luce, aumentandone il valore come gemma. Tant'è vero che i rubini artificiali, più perfetti, sono meno belli. La

cristallizzazione più precisa diminuisce in questi il giuoco della diffusione della luce e il loro valore ne scema. Il filosofo vi dirà che la bellezza spesso non è che un sottil segreto di piccole imperfezioni... Lo stesso, pare, avviene nelle perle. La loro lucentezza dagli indefiniti riflessi e splendori proviene dagli strati madreperlacei che si sovrappongono ed ove la luce viene diffusa, determinata dai piccoli difetti di omogeneità. È questo che le fa distinguere dalle artificiali.

Quanto poi alla relatività della visione dei nostri occhi in fatto di colori nessuna altra prova migliore ce la rivela quanto quello strano fenomeno che dal chimico inglese Dalton, che pel primo lo scoprì, prese il nome di *daltonismo*, e che Goethe chiamò *aneritropsia* e gli oculisti *dicromatopsia*. La riferiremo con le parole di Helmholtz: gl'individui presso i quali questo stato è completamente sviluppato non vedono nello spettro che due colori, che indicano d'ordinario con i nomi di blu e di giallo. A quest'ultimo riferiscono il rosso, l'aranciato, il giallo e il verde. Chiamano grigio i coloriti blu-verdastro e blu tutto il resto. Quando il rosso estremo è debole non lo vedono affatto, lo vedono se intenso. Perciò essi indicano generalmente come limite dello spettro una parte ove gli occhi normali vedono ancora un rosso debole. Fra i colori dei corpi confondono il *rosso* (e cioè il cinabro e l'aranciato rossastro) col bruno e col verde. Non distinguono il *giallo* d'oro dal giallo, nè il *rosa* dal *blu*. Il fenomeno ormai ampiamente studiato ha portato a constatazioni assai curiose. Non citiamo che questo: il modo come gli affetti di daltonismo vedono lo spettro solare. Premesso, come già dicemmo, che in esso non scorgono che un solo tono *giallo* (pel rosso, aranciato, giallo e verde) e il *blu* (per il verde-mare, gli azzurri ed il violetto) — e cioè il primo riferito a tutta la metà ad onde lunghe e il secondo all'altra metà ad onde corte — li vedono sfumare verso il mezzo dello spettro sino a che, nel punto in cui i nostri occhi normali vedono il *verde*, essi hanno la sensazione del *grigio*, ossia dell'incolore.

Gli oculisti chiamano questo il *punto neutro* nella cecità cromatica parziale. Il fenomeno venne spiegato in vari modi. Young, continuando gli studi in proposito dell'Helmholtz, lo spiegò così: ammessi i tre colori fondamentali dello spettro luminoso, il rosso, il verde ed il violetto (per alcuni invece il blu), per avere le sensa-

zioni di questi tre colori è necessario che esistano nel nostro occhio tre specie di fibre nervose, la cui eccitazione dia rispettivamente la sensazione del rosso, del verde e del violetto o blu. Ora la luce deve eccitare le tre specie di fibre con un'intensità che varia con la lunghezza dell'onda. Quella che ha la massima lunghezza d'onda eccita più fortemente le fibre sensibili del rosso, quella di media lunghezza le fibre sensibili del verde e la minore quella del violetto. Però — notava l'Helmholtz — ciascun colore eccita insieme tutte le tre specie di fibre, sebbene con intensità diverse. L'eccitazione pressochè uguale di tutte le fibre dà la sensazione del *bianco* e dei colori biancastri. In tal modo la cecità dei colori si spiegherebbe facilmente con la paralisi delle fibre proprie a quel colore fondamentale di cui si ha la cecità. Però l'ipotesi Young-Helmholtz fu molto e variamente discussa.

Cognizioni più moderne ci permettono di riassumere la questione così: per gli occhi normali (detti *tricromatici*) la visione dello spettro avviene con tre colori, per questi altri (i *dicromatici*) con due colori soltanto. Ora i due colori che i ciechi cromatici parziali vedono, rappresentano per essi tutta la luce, quindi mescolati in quantità opportuna, danno la sensazione del bianco; e tenendone fisso uno, se a questo si aggiungono quantità variabili del secondo, si otterranno tutti i colori con tutte le loro gradazioni, che questi ciechi cromatici parziali sono capaci di vedere nello spettro. Di qui le due proprietà fondamentali che caratterizzano questi ciechi: la presenza del punto neutro nella parte mediana dello spettro, e la possibilità di ottenere tutti i colori col miscuglio di due soli colori.

La presenza del *punto neutro* si comprende pel fatto che i due colori estremi dello spettro presentano due caratteri opposti, e questa opposizione diminuisce sempre più quanto meno estremi sono i due colori. Diventano così sempre più somiglianti, finchè si arriva ad un punto dove il colore non ha più il carattere nè di uno nè dell'altro dei due colori visti in tutto lo spettro, cioè ad un punto dove non vi è più che la sensazione dell'incolore o grigio puro. È questo il punto neutro.

Potendosi riprodurre tutte le sensazioni cromatiche con due soli colori spettrali, l'occhio affetto da cecità parziale pei colori, è detto *dicromatico*, e la cecità stessa, *dicromatopsia*. (Ovio).

Sembra che questa anormalità sia molto più diffusa che non imaginiamo. Ai nostri tempi il dott. Favre calcolò in Francia ben *tre milioni* di individui affetti. Lo Stilling mette la proporzione del 5 per cento per l'Europa occidentale. In Edimburgo sopra 1154 esaminati ne furono trovati 65 con questo difetto.

⁂

Certo è che lo studio del fenomeno del colore è molto ricco di fatti curiosi e interessanti. Possiamo pel nostro lettore svagare alquanto sopra alcuni di essi.

Il *bianco*, per esempio, è il colore che sembra avere un posto singolare nella natura. Un nulla basta a produrlo: infrangete un corpo qualsiasi, anche se molto colorato, riducetelo in polvere e lo vedrete schiarirsi e tendere al bianco. Non parliamo dei corpi incolori: essi appena ridotti in particelle diventano candidi. L'acqua incolore ci dà la neve bianchissima, polverizzate il vetro e diventerà bianco. Così la schiuma di qualsiasi liquido, anche se fortemente colorato. E pure in questo si verificano fenomeni singolari. Anzitutto non tutte le polveri hanno la stessa bianchezza: essa varia sempre d'intensità. Vi sono polverine bianchissime se sospese nell'aria, che perderanno subito il loro candore se vengono immerse nell'acqua. Se gettate della polvere bianca di vetro in una soluzione di benzolo e di solfuro di carbonio tutto il suo candore svanisce e diventerà trasparente e incolore.

Perchè? per il fatto che la bianchezza di una sostanza è dovuta alla piccolezza delle sue particelle e all'indice di rifrazione. Se guardate col microscopio qualcosa di bianco — polverine, fili di lana, di seta, di cotone, la neve, il ghiaccio pestato — lo vedrete sempre formato di particelle trasparenti. Come si spiega allora il fatto della loro bianchezza, dal momento che le particelle sono in realtà tutte incolori e trasparenti? Dalla riflessione della luce che, essendo queste particelle distribuite irregolarmente, parimenti irregolarmente si compie su di esse, e la diffusione che ne deriva ci dà l'impressione del bianco. Ce lo spiega il Thompson: la luce arriva sempre sui corpi con onde regolari, e se la superficie delle particelle degli stessi sono disposte regolarmente essa vi si riflette con onde

regolari. Ma se invece la loro disposizione è irregolare la « fronte d'onda » si spezza nella sua continuità e rimbalzando in tutte le direzioni si produce la diffusione. A questo rimbalzo dobbiamo il

Candidezza nivale al polo.

candore abbagliante dell'acqua del mare quando urta su gli scogli e si sparpaglia all'intorno. Il vetro spulito, l'argento ossidato, ci appaiono bianchi a causa della riflessione irregolare che si produce

sulla loro superficie. La schiuma dei liquidi colorati diventa bianca perchè questi liquidi restano separati in un numero infinito di straterelli, tutti circondati d'aria e, come ci dice l'Ovio, si ha quindi « moltiplicazione di superfici riflettenti ed elevamento d'indice relativo ».

Il *nero* invece ha bisogno di particelle non troppo piccole. L'opposto dunque del bianco: come appunto deve essere. E questo perchè il nero è conseguenza dell'assorbimento della luce, e con le particelle più grosse la riflessione viene ridotta al minimo. Ma il *nero assoluto* non esiste: non abbiamo che un *nero* relativo, nel quale la quantità di luce bianca rimandata è talmente piccola che non viene più percepita dal nostro occhio. Se riduciamo dei corpi neri in strati sottili li vediamo assumere quasi sempre una tinta rossastra. Questo fatto è dovuto alle onde rosse che, come le più lunghe, sono le ultime che vengono estinte. Avrete osservato, a questo proposito, che certi corpi colorati ma trasparenti presi sotto un certo spessore finiscono per apparire neri. È sempre pel giuoco delle onde rosse.

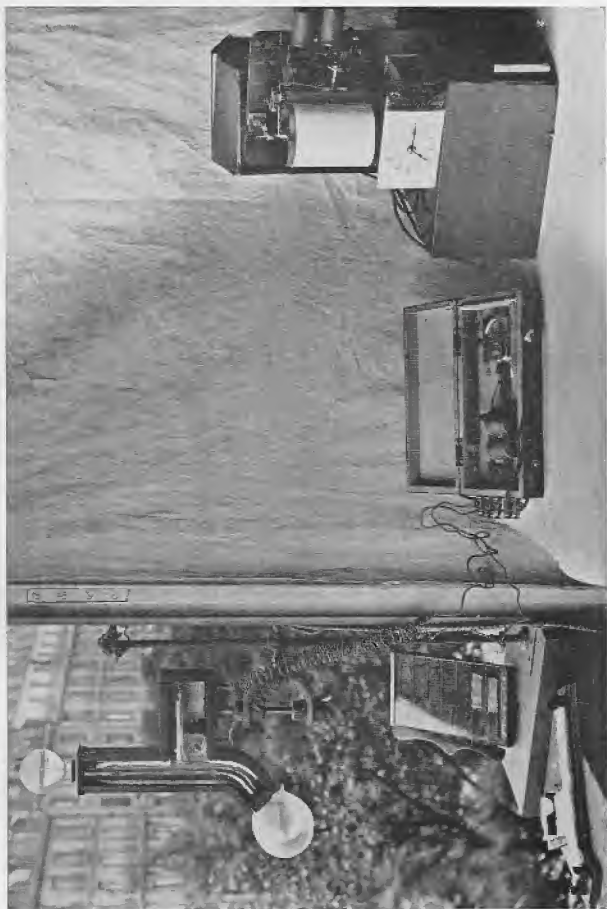
E giacchè parliamo del colore oscuro diciamo qualcosa dell'ombra. Che cos'è l'ombra? da che viene prodotta?... La risposta non è tanto semplice come potrebbe parere a prima vista. Bisogna ricorrere al fenomeno della *diffrazione* che venne osservato e segnalato per la prima volta dal bolognese Francesco Maria Grimaldi nel 1665. Osservando un fascio di luce che urta contro uno spigolo si ha l'impressione che la luce procedendo oltre si ripieghi e ritorni indietro. Se non vi fosse questo ritorno di luce, questa diffrazione, la parte dietro il corpo opaco dovrebbe rimaner del tutto nera. Invece ha quell'aspetto particolare che costituisce l'ombra. Ricordiamo che questa dell'ombra fu la grande obbiezione mossa contro la teoria dell'ondulazione della luce a pro' della primitiva ipotesi del bombardamento di particelle dai corpi luminosi. Le onde — si diceva — non possono essere fermate dagli ostacoli ma debbono girare loro intorno, come quelle marine che cozzano contro uno scoglio. Come potrebbe dunque prodursi l'ombra se le onde non si arrestano?... Dobbiamo a Fresnel la risposta a questo dubbio. In realtà le onde luminose urtando contro un ostacolo si comportano come tutte le altre onde, piegano cioè e girano attorno all'ostacolo: ma questo

deve avere dimensioni corrispondenti alle stesse onde, vale a dire minime. E lo dimostrò il Poisson con la punta dell'ago che illuminato da un raggio non proietta più l'ombra ma mostra il complicato movimento dell'onda luminosa intorno ad esso. Ricordiamo al lettore quanto già dicemmo. L'ombra assoluta non esiste: esiste solo la penombra. Quella che segue il nostro corpo, che si distende dietro un palo, è sempre piena di raggi secondari...

Abbiamo parlato sinora molto di corpi trasparenti. Quand'avviene la trasparenza? Quando i corpi sono costituiti da particelle minime, e uniformemente disposte in modo da permettere una riflessione regolare e di lasciarsi attraversare dalla luce con regolare rifrazione. In essi non avviene assorbimento, perchè tutti i diversi raggi luminosi che compongono la luce bianca si riflettono e si rifrangono regolarmente. Ed il corpo ne risulta incolore.

Prima di lasciare i colori crediamo interessante segnalare al nostro lettore un ingegnoso dispositivo dell'ing. Dosne per misurare la solidità che il colore (per esempio di una stoffa) presenta alla luce del sole. È formato da un apparecchio *actinometrico* che registra il valore delle radiazioni luminose durante l'esposizione al sole del campione colorato da analizzare, in modo da segnalare il suo scolorimento e il grado di sfumatura prodotto dall'azione solare, dando modo così di ottenere una scala cromatica da servire come regola.

⁂

È interessante soffermarsi sopra l'iridescenza della madreperla perchè da essa, per successione d'idee e di studi, è in certo qual modo venuta la fotografia a colori che Lippman ottenne col suo bel metodo interferenziale. La madreperla che illumina di così bei colori la parte interna delle valve di certi molluschi marini è formata da laminette calcaree disposte obliquamente e leggermente ondulate. La bella iridescenza è dovuta alla rifrazione della luce causata appunto da questa particolare disposizione delle particelle calcaree. È su per giù la stessa struttura delle laminette che sono sulle ali di certi scarabei e che loro danno i bellissimi riflessi metallici. Gabriele Lippmann, celebre fisico di Parigi, ideò nel 1891 il suo metodo interferenziale di fotografia riproducendo appunto sulla gelatina della

L'*actinometro* Dosne per misurare la solidità dei colori al sole.

lastra fotografica una quantità di laminette o straterelli opachi, o meglio pellucidi, mentre il rimanente della lastra resta trasparente. Il processo per ottenerle è piuttosto delicato e ci porterebbe alquanto fuori dal nostro còmpito, in questo caso piuttosto sommario e informativo. Diciamo solamente che si tratta di una genialissima scoperta che sebbene abbia dato pochi risultati pratici, poichè nella fotografia ottenuta i colori si vedono con difficoltà e solo sotto certe inclinazioni di luce, essa ha aperto la strada ai nuovi processi, così detti, *accromatici* nonchè gli *autoccromatici* del Joly di Dublino e dei fratelli A. ed L. Lumière di Lione. Questi ultimi adoperano una lastra di vetro con un leggero strato di granelli minuti — da 15 a 20 millesimi! — di fecola di patata colorati in aranciato, verde, violetto, mescolati fra di loro. Sopra di essi viene poi steso il bromuro d'argento sensibile. Esposta alla luce questa arriva alla lastra dopo che ha attraversato i granuli. E resta impressionata dai vari raggi colorati emanati dall'oggetto in corrispondenza dei granuli dello stesso colore. Il negativo sviluppato dà parti opache corrispondenti a queste impressioni, mentre le altre parti della lastra ove non erano granuli attraversati dalla luce diventano trasparenti. Altri delicatissimi particolari che omettiamo per brevità fanno sì che si riesca ad ottenere un'imagine dell'oggetto colorata ma visibile solo per trasparenza. Il processo è tuttora in istudio per arrivare a quella completa realizzazione che non potrà mancare. Così pure è tuttora in istudio il nuovo metodo presentato a Berlino dal Welker che parrebbe destinato a portar molto innanzi la soluzione del problema della fotografia a colori. Si tratterebbe di una camera oscura entro la quale vengono collocati due specchi posti in modo da suddividere i raggi luminosi che attraversano l'obbiettivo in tre fasci, i quali proiettano sopra tre lastre sensibili e contemporaneamente la stessa imagine. Davanti a ciascuna delle tre lastre vien posto un filtro colorato in questa guisa: per le lastre delle tonalità gialle, filtro *azzurro;* filtro

Occhio della mosca.

verde per quello delle rosse e, per quello delle varie tonalità azzurre, filtro rosso. Pare che con questo dispositivo si riesca ad ottenere delle riproduzioni che s'avvicinino fedelmente all'originale. Molto delicata però è l'operazione per la tiratura delle prove.

Singolarmente ingegnoso è il sistema per ottenere fotografie *in rilievo* che il Lippmann ha presentato anni sono all'Accademia delle Scienze di Parigi, sistema dall'illustre fisico chiamato « fotografia integrale ». Si tratterebbe di ottenere un'imagine che apparisca in rilievo e cioè con tutti i vari suoi aspetti cangianti con la posizione dell'osservatore. Il primitivo concetto del Lippmann è stato ripreso e realizzato dall'Estanave, altro valoroso studioso della fotografia a colori. Egli adopera una *lastra integrale* composta di piccole lenti Stanhope, la cui faccia superiore è cilindrica sopra una base quadrata di due millimetri di lato. Queste lenti, annerite, sono riuscite in modo da formare un blocco unico dalla faccia superiore multilenticolare, insieme che ricorda la tessitura dell'occhio delle mosche o delle cavallette. Ciascuna lente costituisce così, per proprio conto, una piccola camera fotografica, il cui fondo è un piano focale comune a tutte le imagini. Contro questa faccia inferiore s'applica una lastra sensibile a grana finissima. Quindi si chiude ogni cosa in uno *chassis*, il cui sportello si apre, al momento della presa fotografica, davanti all'oggetto da riprodurre. La lastra fotografica rimane allora impressionata da tante imagini quante sono le piccole lenti Stanhope. Da una relazione, pubblicata nel 1926, togliamo queste altre notizie a proposito di codesto geniale metodo fotografico: « Sul principio l'Estanave riuscì ad ottenere 56 imagini, poi 95,

La « lastra integrale » dell'Estanave la quale ricorda l'occhio di una mosca.

e recentemente anche 432 che completano una lastra ordinaria di $6 \, ^1/_2 \times 9$. Dopo la posa si procede allo sviluppo della lastra, e dopo la inversione della imagine da negativa a positiva, si torna a collocare esattamente con l'aiuto di piccole guide, la lastra nella posizione che già occupava sotto le lenti al momento della posa. Allora, come aveva preannunciato il Lippmann, la imagine osservata per trasparenza a luce diffusa e rovesciata apparisce come se si guardasse l'originale da una finestra il cui telaio corrispondesse agli orli della lastra ».

Durante la seduta tenuta nel gennaio del 1925 a Milano dalla « Società di chimica industriale » furono prospettati ed illustrati i vari metodi studiati per ottenere la rivelazione fotografica degli atomi dei corpi. Si tratta veramente della fotografia dell'invisibile! Tali studi, iniziati dal Lane e già riassunti dal nostro grande Augusto Righi, formano oggi oggetto di continue ricerche per ottenere risultati nuovi e sempre più precisi. Facendo attraversare un cristallo da un fascio dei raggi X di determinata onda, e collocando dietro al cristallo una lastra fotografica, si ottiene una imagine costituita da tanti punti i quali vengono a formare una figura che presenta lo stesso grado di simmetria del cristallo studiato. Quest'insieme di punti sono la proiezione dei vari atomi esistenti nello stesso e fu chiamato *reticolo*. Il Lane riuscì in tal modo nel 1912 ad ottenere la visione della distribuzione degli atomi nello zolfo e nello zinco, uniti nella *blenda* (solfuro di zinco). Diciamo pure che queste ricerche delicate e piene d'imprevedute attrattive sono da noi attualmente coltivate dai nostri prof. G. Bruni e dott. G. R. Levi. Essi già sono riusciti ad ottenere un grande numero di queste fotografie dell'*invisibile*.

La luce può essere veicolo anche della parola. Accenniamo come saggio tipico di questi nuovi dispositivi il metodo proposto ultimamente dal prof. Rankine alla « Società Londinese di Fisica » che sembra il più riuscito. Un raggio luminoso viene fatto cadere sopra una lente ad un metro di distanza dal suo fuoco che ne va a formare un'imagine sopra uno specchio concavo ch'è fissato al diaframma di un grammoforo registratore. La luce viene riflessa attraverso una seconda lente che la invia alla stazione ricevitrice. Davanti ad ognuna di queste due lenti vengono disposte due griglie

uguali. Ed avviene questo fenomeno: un'imagine della prima lente si sovrappone alla seconda, dopo riflessione nello specchio concavo. Quando questo, sotto l'influenza delle vibrazioni della parola, si mette ad oscillare gli spazi oscuri dell'imagine si spostano sulle aperture della seconda griglia, producendo una fluttuazione nell'intensità del fascio di luce. Questa viene ricevuta da una lente collettrice e concentrata sopra una cellula al selenio — il metallo sensibilissimo elettronicamente alla luce che vedemmo già in altro delicatissimo dispositivo nel capitolo terzo — in un circuito che comprende una pila ed un telefono ricevitore. Questo sistema, sperimentato sopra

Le piccole lenti Stanhope.

una distanza vicina al chilometro, dette una riproduzione della parola chiara e sicura, superiore a quella ottenuta con i microfoni a carbone.

***

E intanto noi cerchiamo di intensificare la conquista della luce. In attesa forse del giorno lontano in cui ci verrà meno quella del sole?... Certo è che la « corsa alla luce » ha preso, specialmente in questi ultimi nostri tempi, un crescendo fantasmagorico. Sono i fari per i naviganti che ce ne fanno la storia. Si cominciò con le potenti lampade ad olio Argand a doppia corrente d'aria, fornita degli specchi parabolici Bordo che distruggono la divergenza della luce riducendola un cilindro che si proietta sino a trenta e più chilometri con una potenza luce da quattro a cinquemila candele. Poi vennero i vetri lenticolari di Agostino Fresnel (1788-1827). Sono grandi lenti formate di tanti piccoli pezzi uniti secondo le leggi ottiche, creando la luce così detta *a scaglioni*. Ma al Fresnel questo non bastava: e studiando ancòra creò la famosa lampada che porta il suo nome a sistema di diversi lucignoli concentrici, e la potenza luce salì a

750.000 candele! È un raggio bianchissimo intermittente di 5 *secondi* e non dura che *un quinto* di secondo... Il sistema è genialissimo. I vari raggi delle diverse lampade vengono concentrati in un solo fascio che ne fonde la potenza luminosa mediante il sistema dei prismi di cristallo attraverso i quali la luce viene rifratta e ne esce secondo la direzione del fascio che viene diretto verso i diversi punti dell'orizzonte marino. Ricordiamo che questi primi lucignoli furono ad olio, perchè la luce dell'olio che arde gode di una singolare forza di penetrazione attraverso le brume del mare.

Ma v'era l'elettricità che avanzava a passi da gigante. E cominciarono i miracoli. Ecco Sperry col suo arco per fari: e la luce salì subito a 50 mila candele per *centimetro quadrato*. Era molto. Ma era poco per questi creatori di luci intensive. E venne Garbarini col suo nuovo arco che dà 690.000 candele per centimetro quadrato: ossia quasi il quadruplo dello splendore di un arco ordinario!... Ma non bastava ancora. Negli ultimi tempi Summer ha presentato un suo nuovo arco che funzionando sotto la pressione di 6 atmosfere e producendo l'altissima temperatura di 7500 gradi, sprizza un raggio di 1070 candele decimali per *un millimetro quadrato* di superfice luminosa. Il che vuol dire della forza di sei volte quello di un arco ordinario. Parrebbe molto, vero? Ma non basta ancora. I progressi realizzati nella costituzione del carbone ed in altri fattori ci daranno presto il mezzo di poter ottenere con dei carboni di millimetri 18,5 e con una corrente di 300 *ampères*, ed uno specchio parabolico di due metri di diametro, una intensità luminosa di... *due miliardi* di candele decimali, pari a 1.785.000.000 candele totali! L'Ing. Marcotte, già capo dei Servizi dei fari in Francia che ne dà relazione, esce in questa frase: « Questo faro collocato al posto della luna sarebbe visibile al nostro occhio nudo come una stella di sesta grandezza! ».

E pensare che tutta questa conquista di luce, per il mare e pe' naviganti, ormai sta per diventare del tutto inutile! Essa è detronizzata dall'applicazione della radio-telegrafia e delle onde sonore alle segnalazioni dei fari. Marconi è venuto ormai con i suoi *radiofari*. Sono fari che trasmettono non più fasci di luce ma di onde elettriche, che interrotte a mo' dei segnali Morse possono essere registrate in mare a qualunque distanza. E intanto il Dott. Langevin

Fari d'oggi.

Il faro « gavitello » che in pieno oceano segna la strada alle navi aeree

(da *Techn. Schönheit* — *Orell Füssli*, ed. Zurigo).

(uno dei perfezionatori dello scandaglio acustico al quale dovremo accennare più avanti) sta esperimentando da tempo al passo di Calais un suo nuovo faro che proietta fasci di onde sonore le quali possono venir percepite e raccolte a bordo delle navi provvedute dei relativi apparecchi di recezione.

Finita dunque — abbiamo detto — tutta la conquistata potenza di luce per i bisogni del mare. Servirà, un giorno lontano, per quelli della terra?...

***

Ma altre ondate percorrono, s'intrecciano, s'innalzano nello strato d'aria che circonda la terra: sono quelle dei suoni.

La propagazione del suono non può avvenire che nell'aria: nel vuoto non si sente più niente. Le onde sonore sono sferiche: tanti raggi che partono dal corpo che vibra. E se osserviamo uno di questi raggi vedremo che sono formati dalle vibrazioni longitudinali delle particelle d'aria.

L'onda sonora viene spiegata come una sequela di compressioni e di rarefazioni che partono dalla sorgente sonora e che arrivate alla membrana del timpano del nostro orecchio lo mettono in vibrazione.

A *zero gradi* il suono corre con la velocità di metri 330,64 al minuto secondo. La sua corsa aumenta con l'innalzarsi della temperatura. Nel 1822, a Montlhéry e Villejuif presso Parigi, furono eseguite le classiche esperienze a questo scopo. A 16 gradi si ebbero m. 340, 89 di velocità. A 10 gradi diminuisce: non è che 337 metri. S'è quindi preso come media la quota di metri 333 al secondo. Questa velocità del suono varia pure da un gas all'altro, anche a temperatura uguale. La minima si ha nell'acido carbonico, che è di 261 metri al secondo, la massima nell'idrogeno con m. 1269.

Fu Helmholtz che analizzò i suoni con i suoi famosi *risonatori*. Sono formati da una sfera metallica che da una parte comunica con l'esterno per mezzo di un'apertura circolare e dall'altra, con un corto tubo, all'orecchio nostro quando ve l'accostiamo. Ogni *risonatore*, di stabilito volume e di forma determinata, rinforza una sola nota: quella corrispondente alla vibrazione della corrispondente massa

d'aria in esso contenuta. Cosicchè, applicando successivamente diversi di questi risonatori, quando si produce un suono, si può determinare quali note lo compongono.

La vibrazione di una colonna d'aria in un tubo, quella della corda del violino o del pianoforte, non forniscono mai una sola nota semplice ma un insieme di note dalle quali deriva quella sensazione

Misura della velocità del suono nell'acqua.

L'operatore affonda una campana che fa risonare poi con un martello.

particolare del suono che chiamiamo timbro o metallo. Fra tutte queste note dell'insieme che abbiamo detto ve n'è una che possiede un numero minimo di vibrazioni. È la *nota fondamentale del detto suono*. È dessa che determina la massima *intensità* (ampiezza delle oscillazioni) e l'*altezza musicale* (numero delle oscillazioni al secondo) del suono. Se chiamiamo 1 il numero delle vibrazioni della nota fondamentale troveremo che tutte le altre note contenute in quel suono sono multipli interi, come *frequenza*, di questa nota fondamentale.

Esse sono le *armoniche* della nota. Ma la combinazione della nota fondamentale con le sue armoniche è diversissima, perchè in un suono possono esistere tutte le armoniche con intensità diversa, oppure solamente quelle di numero pari od anche dispari. Possono anche mancare più successive. Ma gli « armonici superiori » possiedono sempre, in ogni caso, una *frequenza* che è un multiplo intero di quella della nota fondamentale.

Prendendo come base il *la* normale del *diapson* che dà 435 vibrazioni complete al minuto secondo, i numeri di vibrazioni dati dai *do* successivi della scala musicale vengono così a disporsi:

$$do_{-2} = 16.3125$$
$$do_{-1} = 32.625$$
$$do_{1} = 65.25$$
$$do_{2} = 130.50$$
$$do_{3} = 261$$
$$do_{4} = 522$$
$$do_{5} = 1044$$
$$do_{6} = 2088$$
$$do_{7} = 4176.$$

Se battiamo con forza, sulla tastiera di un pianoforte, un tasto qualsiasi, uno dei *do* per esempio, e aperto il coperchio del nostro strumento porgiamo ascolto, sentiremo risonare dopo pochi attimi una quantità d'altri suoni. Dapprima vibreranno tutti i *mi*, poi i *sol*, che sono gli accordi di terza e di quinta, poi sentiremo una infinità di risonanze lontane e sempre diverse...

Il nostro orecchio percepisce godendo alcuna di queste *consonanze* e risente, come *dissonanze*, le altre. Ora è interessante osservare come l'educazione del nostro orecchio a queste percezioni sia stata lentissima nel tempo, al pari di quella del nostro occhio per i colori, secondo quanto ricordammo su le ipotesi del Gladstone, Geiger, Magnus... Basti il ricordare che presso i Greci era considerata *dissonante* anche la « terza maggiore » la quale fu già nel nostro medioevo stimata arci-consonante, mentre era considerata dissonante la *quarta* nella quale il nostro orecchio moderno, ormai avvezzato egualmente a tutti gl'intervalli della scala diatonica, non

trova più dissonanza qualsiasi. Questo ci dice quante nuove sensazioni musicali e uditive ci può serbare l'avvenire, ossia la graduale educazione evolutiva del nostro orecchio. Sappiamo bene quanti suoni debbono esistere in natura che il nostro organo uditivo non riesce a percepire. Sopra e sotto le nostre gamme musicali esistono suoni gravi e altissimi che non possiamo più sentire, come i colori che non possiamo più vedere al disotto e al di sopra dei sette colori a noi percepibili dello spettro luminoso. Sono interessantissimi, a questo proposito, gli studi del Riemann sulle varie gamme dei popoli. Fra l'altro egli ci dice come gli Arabi e i Persiani, per la raffinatezza del loro orecchio, già sappiano da tempo apprezzare la *terza parte* del tono!....

Per analogia con i nomi usati per la luce chiamiamo vibrazioni infrasonore *(infrasuoni)* quelle che presentano frequenze inferiori alle minime da noi percepite, e ultra-sonore *(ultrasuoni)* quelle dalla frequenza superiore alle più alte udibili dal nostro orecchio.

La lunghezza d'onda del suono è data dal rapporto della loro velocità al minuto secondo per il numero delle vibrazioni. I suoni da noi percepiti sono compresi fra le onde da undici metri ad undici millimetri all'incirca. Si sono ottenuti ultrasuoni sino a frequenze di parecchi milioni di periodi al secondo, come pure frequenze tanto piccole da esser ridotte ad una frazione di milionesimi di secondo. Per curiosità del lettore diamo le misure di alcuni rapporti fra la frequenza (velocità al secondo) di certe onde sonore e la loro lunghezza: le onde di 30.000 periodi al secondo sono lunghe 5 centimetri, quelle di 40.000 centimetri 3,75, mentre quelle che posseggono la già rilevante frequenza di 1.500.000 raggiungono appena *un millimetro.*

Sono state studiate le rispondenze fra il suono e la luce. Il rosso, verde e violetto hanno rapporti di lunghezza d'onda che s'accostano a quelli del *do, mi, sol,* che formano l'accordo *maggiore.* È il Combarieu che ci ha segnalato il rapporto 5 : 6 : 8 che corre fra aranciato, verde e violetto, ch'è lo stesso del musicale accordo di sesta. Egli ha pure trovato che tra il verde e il rosso, come pure tra

il violetto e il verde, sta il rapporto di 5 : 6, ch'è lo stesso musicale dell'accordo di *terza minore*.

Ma dove l'analogia ci appare maggiore è nel fenomeno comune al suono e alla luce detto della *risonanza*. Dobbiamo dire ch'esso si manifesta comune in tutte le specie di energia raggiante, nell'elettricità e persino nei movimenti pendolari. Il fenomeno è questo: qualsiasi movimento vibratorio di un corpo si trasmette ad un altro corpo vicino. La trasmissione avviene o lungo il sostegno materiale o attraverso il *mezzo* (l'etere?) che s'interpone fra i corpi. E questo passaggio di vibrazioni ci si presenta più intensamente se le vibrazioni delle quali è capace il corpo che le riceve hanno la stessa rapidità di quelle del corpo che gliele comunica. È dunque, questa *risonanza*, un convibrare dei corpi.

Questi corpi convibranti prendono il nome di *risonatori*. Ora è caratteristico questo fatto: il corpo risonante per le oscillazioni trasmessegli da un altro corpo, assorbe tutte queste vibrazioni. E difatti al di là di essi non si hanno più vibrazioni.

Kirchoff ha fissato il fenomeno in una sua legge: ogni sistema vibrante assorbe di preferenza le perturbazioni che hanno il suo stesso periodo. La risonanza acustica si può verificare con questo facilissimo esperimento: si prende un tubo (di cartone o di legno) che sia chiuso nel mezzo da una pellicola fotografica (anelastica) e si fa vibrare presso una delle sue estremità un diapson. Ponendo l'orecchio all'altra estremità non se ne sente il suono: esso è stato tutto assorbito dalla pellicola che vibra all'unissono. Esempi diretti di *risonanza ottica* danno i gas incandescenti col loro spettro colorato. Antonio Garbasso ha studiato la *risonanza elettrica* dandocene bellissimi esempi in un suo noto libro [1].

Nel campo cromatico, ossia dei colori, avviene lo stesso fenomeno di risonanza che avviene per i suoni. Un sistema vibrante di luci assorbe di preferenza le oscillazioni che hanno lo stesso periodo. Stockes ci dice: il mezzo gassoso è come uno spazio attraversato da qualcosa di analogo alle corde armoniche, nel quale le vibrazioni che incontrano le corde suscettibili di prendere l'unissono restano estinte col mettere in movimento queste corde.

---

[1] V. ANTONIO GARBASSO: *Lezioni sperimentali sulla luce, considerata come fenomeno elettro-magnetico*. (Hoepli, 1898).

Il Melloni, sino dal 1842, spiegava con questa consonanza il colore dei corpi. La spiegazione di questa *risonanza* e del relativo assorbimento delle vibrazioni, viene data elettronicamente dal giuoco degli elettroni in movimento. Risparmiamo al lettore la descrizione del molto minuto ed alquanto complesso suo processo. Diciamo soltanto che è un caso di trasformazione di energia: difatti dove av-

Recezione col microfono delle onde trasmesse con l'acqua.

viene assorbimento questo si manifesta quasi senza produzione di calore.

Ritornando alla rispondenza tra i colori ed il suono ricorderemo, per curiosità, il famoso *clavicembalo cromatico* del padre Castel, formato da 500 lampade con schermi di vetro variamente colorati. Si proponeva di eseguire *sinfonie luminose*. Nè fu l'unico. Dopo di lui altri fabbricarono di cotesti organi per *la musica degli occhi*. Ne fu veduto uno a New York nel 1881. E fu seguito da molti altri. È la famosa « musica luminosa » cantata dal poeta Baudelaire.

***

Misteriose vibrazioni musicali agitano la fiamma: la così « bella fiamma » dei poeti. (Ricordate Gabriele D'Annunzio nella *Nave*). È il bel fenomeno delle fiamme sonore e sensitive scoperte da Huggens. Se soffiate contro la fiamma di una candela sentirete una sorta di ronzio caratteristico. Fu questo il principio dal quale il famoso fisico olandese (che pel primo ci dette una sua teoria delle *onde luminose)* partì per studiare il singolare ed attraente fenomeno. Egli cominciò col variare la lunghezza del tubo nel quale introdusse una fiamma di gas e scoperse che la nota musicale del suono ottenuto dipende appunto dalla lunghezza del tubo. Quando questo raggiungeva i quindici piedi, il suono — egli ci afferma — prendeva tanta intensità da far vibrare e scuotere la galleria, le finestre, le porte e le seggiole della sala ove faceva lezione nonchè i cinque o seicento uditori! La fiamma viene qualche volta estinta dalla violenza di questo suono ed è alla fine accompagnata da un'esplosione pari a quella di un colpo di pistola.

Usando tubi stretti si ottiene una serie di note musicali che s'innalzano di tono col diminuire della lunghezza del tubo. Le vibrazioni sonore sono quindi inversamente proporzionali alla lunghezza tubolare ove la fiamma suona. È molto interessante rievocare una relazione del famoso Tyndall, fatta nel lontano febbraio del 1867, sopra una lezione fatta davanti a numerosi uditori di questo pittoresco fenomeno. Le vibrazioni della fiamma — ci dice Tyndall — consistono in una serie di parziali estinzioni e riaccensioni della stessa, tanto che guardando una fiamma vibrante in uno specchio rotante le imagini dovute a queste riaccensioni sono separate l'una dall'altra e formano una catena di fiamme di una grande bellezza. « Una posizione può essere scelta nel tubo in cui la fiamma diviene sonora. Si può trovare anche un'altra posizione in cui la fiamma tace; ma se una volta è messa in moto continua a suonare ed è possibile far questo eccitandola con una sirena o con la voce umana o con una canna d'organo ed anche col mezzo di un'altra fiamma sonora, essendo il suono di questa fiamma circa all'unissono di quella che può rendere l'altra fiamma » (Tyndall).

Il nostro fisico fece in seguito vedere che su la fiamma di una candela i colpi di un martello sull'incudine, le battute di mano e persino l'esplosione di un miscuglio di gas ossi-idrogeno non producevano alcun turbamento perchè non in moto. Ma bastava spingere una sottile corrente d'aria sulla fiamma della candela per sentire un ronzio: allora tutti i suddetti rumori producevano grandi alterazioni sulla fiamma la quale si divideva in due che poi si riunivano, prendendo forme diverse e specialmente « quella biforcata di una coda di pesce ». Un'altra esperienza del professore fu quella sopra una fiamma lunga 18 pollici: bastava fischiare davanti a questa fiamma per ridurla subito a soli 9 pollici e diventare brillantissima.

Abbiamo voluto rievocare questa vecchia lezione, quale ci viene riportata nel *Nuovo Cimento* del 1867 (tomo XXV), perchè in essa scorgiamo i primi passi di tante scoperte di oggi, che così larga applicazione hanno nei nostri strumenti moderni.

Ed ecco le conclusioni di queste esperienze, come ci furono riportate dal Tyndall. « La nota scelta per eccitare la fiamma non è indifferente. Si può vedere per mezzo di coristi *(diapson)* che se i loro suoni danno da 256 vibrazioni fino a 512 per secondo, non hanno azione sulla fiamma, mentre invece con note più alte — da 1600 sino a 3200 vibrazioni per secondo — la fiamma salta e *risponde a queste note*. È sopratutto con fiamme lunghe di 18 a 20 pollici, entro un tubo ben libero, che questi fenomeni si manifestano con molta intensità. Basta, davanti a queste fiamme, dire qualche parola, far cadere una piccola moneta, fare scricchiare le scarpe, perchè esse subito si risentano. Meritano di essere notate le differenze che producono le diverse lettere e alcune vocali. (Fenomeno già scoperto da Helmholtz). Il suono dell'*A* è il più potente, mentre la *U* lascia la fiamma indifferente. Assai forte è l'effetto della *S* ». La fiamma — ci conclude Tyndall — in presenza di questi diversi rumori è subito messa in tumulto: varia d'altezza e di splendore.

***

Qualche altra sottile curiosità della scienza d'oggi.

Il Dott. Marage di Parigi è riuscito a produrre artificialmente la voce, ch'è una serie di vibrazioni sonore delle corde vocali nella

laringe rinforzate o trasformate dal risonatore sopra-laringeo e della bocca, vera tromba acustica. Egli opera sopra la laringe che asporta da cani che addormenta prima con iniezioni di morfina. Mediante un ingegnoso suo dispositivo il dott. Marage sottomette i muscoli di questa laringe ad una corrente d'induzione: l'apparecchio è collegato ad un fonografo che ne registra le vibrazioni. E riesce a far abbaiare questa laringe!

Abbiamo udito anche noi, presentato nelle nostre città, il pianoforte ad « onde musicali » del prof. Maurizio Martenot. Merita di parlarne. L'*eterofono* Martenot è uno strumento radio-elettrico che produce vibrazioni sonore mediante lampade analoghe a quelle utilizzate nella T. S. F. Dopo aver fatto subire varie modificazioni a queste vibrazioni iniziali esse passano in un diffusore che trasforma le vibrazioni elettriche in vibrazioni acustiche, e cioè in suoni. Mediante un filo metallico fissato, per mezzo di un isolante, alla sua mano destra e che mediante un dispositivo speciale funziona da condensatore, l'operatore può, allungando od accorciando il filo (e questo fa con semplici gesti della mano) far variare l'altezza, il timbro e la intensità del suono. Quando il filo viene allungato i suoni si fanno gravi, se accorciato acuti. Può in tal modo percorrere tutte le ottave. Riesce persino ad ottenere gli ultra-suoni, cioè quelli sotto la gamma e da noi non più percepiti.

L'importanza di questo *eterofono* è che si possono realizzare fluttuazioni sonore finissime, quarti, ottavi e sedicesimi di tono. Molti segreti sono ancora nelle onde musicali. Lo strumento geniale del Martenot c'introduce un poco più addentro nel mistero del mondo dei suoni.

Ricordiamo quel che ci ha detto il Carlyle: « La musica ci conduce sulla soglia del Mistero e ci permette di gettarvi per qualche istante lo sguardo ».

***

Il singolare fenomeno delle così dette *zone di silenzio* che fu avvertito nelle onde sonore provocate da una forte esplosione ci ha portato ad interessantissime scoperte sopra i viaggi che compiono le onde tutte, nelle varie nostre trasmissioni.

Il fenomeno delle « zone di silenzio » è questo. Nel 1920 a Vergiate — molti nostri lettori lo ricorderanno — sulla strada da Milano al Sempione, esplose un deposito di ben duemila tonnellate di nitrato di ammoniaca. L'esplosione fu udita sino a 360 chilometri di distanza: la scossa atmosferica fu registrata dai barometri sino a 60 chilometri ed i *sismografi* segnarono la scossa del suolo a

Il dott. Marage di Parigi è riuscito a riprodurre la voce di un cane dalla sua laringe asportata, mediante una corrente elettrica.

parecchie centinaia pure di chilometri. Ora fu notato questo fatto: lo scoppio fu udito fragoroso sino oltre Pavia e verso Alessandria, dopo le quali per almeno *quaranta* chilometri lo scoppio non fu sentito. Fu però udito in Svizzera e, in basso, verso paesi più al sud di questi quaranta chilometri di silenzio. Dopo questa zona uditiva in cui, ripetiamo, lo scoppio formidabile fu udito fortemente, seguì una nuova *zona di silenzio* che comprese le città di Firenze, Bologna e Ferrara. Ma viceversa l'esplosione fu distintamente sentita nell'Italia centrale! Come spiegare questo strano fatto?... Gli effetti acustici dello scoppio di Vergiate furono studiati dal sismologo

prof. Oddone, il quale ne dette una precisa relazione dalla quale abbiamo attinto i dati accennati.

Allora fu ricordato come durante la guerra certe cannonate furono udite molto da lontano mentre non erano avvertite in luoghi vicinissimi alla battaglia. Ed il 28 ottobre 1922 in Olanda, a Oldebroeck, venne fatto un esperimento classico. Furono fatti esplodere *cinque* tonnellate di perclorato di ammoniaca. Ed ecco i risultati registrati: una *prima zona* di udizione da 20 a 70 chilometri: poi zona di silenzio; *seconda zona* di udizione sino a 500 chilometri al sud e cioè in Francia, 700 verso l'Inghilterra (ovest e nord-ovest), 500 verso est (Germania) e sino a 900 chilometri a sud-ovest (Austria).

E si venne a questa spiegazione. Le *zone di silenzio* — come riferisce la relazione dei professori olandesi — sono dovute, forse, ad *una specie di curva dei raggi sonori* che li devia verso l'alta atmosfera per rimandarli verso il suolo in un punto lontano. E allora fu proposto il quesito: che cosa può far deviare verso il cielo le onde sonore emesse vicino al suono? Ed eccone la risposta. Perchè un'onda sonora, emessa *orizzontalmente,* venga respinta verso il cielo e tenda elevarsi basta ch'essa si propaghi nella parte *superiore* un po' meno rapidamente che nella *inferiore.* Abbiamo detto che nell'aria in quiete il suono si propaga con la velocità media di circa 333 metri al secondo. Nell'aria in movimento questa velocità esiste proporzionatamente all'aria supposta in stato di riposo, vale a dire che *aumenterà* quando il vento è nel senso del suono, mentre *diminuisce* con il vento opposto. Quando il suono si propaga in senso inverso al vento, e che questo sia più veloce quanto più è in alto — ed è il caso più frequente — la velocità del suono diminuisce con l'altezza e le onde vengono deviate in alto. Avverrà il contrario quando il suono incontra strati d'aria oltre i quali la velocità del vento diminuisce con l'altezza. Se il vento spira nella stessa direzione del suono questo sarà ricondotto verso il suolo, e verso l'alto soltanto nel caso — raro — che la velocità del vento diminuisca con l'altitudine.

Fu poi considerata la temperatura. Ogni suono emesso orizzontalmente tende a innalzarsi: se, giunti ad una certa altezza, i raggi sonori trovano una zona dove la temperatura cessi di diminuire per crescere verso l'altezza, i raggi saranno novamente spinti

verso il suolo. Ad una decina di chilometri dal suolo esiste uno strato isotermico (la *troposfera* che conosceremo tra poco) oltre il quale la temperatura, prima di decrescere, s'innalza con l'altezza. Ora i raggi sonori, incurvati verso l'alto per la decrescenza normale della temperatura, giunti a questo strato devono subirvi una deviazione che tende a ricondurli verso il suolo.

Bisogna pure tener presente un fatto: l'atmosfera, oltre una certa altezza, abbonda molto più che negli strati bassi, di gas leggeri: idrogeno ed elio. Ora, alla medesima temperatura, la velocità del suono nei gas leggeri, già lo dicemmo, è maggiore che nei pesanti, azoto e ossigeno. Da tutto questo la Commissione olandese di Oldebroeck dedusse l'accrescimento della velocità delle onde sonore nelle grandi altezze, e quindi la loro deviazione verso la superficie terrestre.

Questo per le onde sonore.

Ma nei segnali radiotelefonici viene notato, e molto spesso, l'arresto improvviso, *specialmente di notte,* delle trasmissioni ed a tratti il loro indebolimento: quello che gl'inglesi chiamano *fading* e noi « evanescenza ». Il fatto si verifica pure nella *televisione* e, in genere, in tutte le radiotrasmissioni.

E per spiegare queste « evanescenze » ci occorre parlare dello *strato metallizzato* di Heaviside.

⁂

L'atmosfera che circonda la nostra terra — limitata in basso dalla superficie terrestre, cattiva conduttrice dell'elettricità — è formata di vari strati. Viene prima la *troposfera,* ch'è lo strato di aria respirabile di circa dieci chilometri d'altezza, e sede dei diversi fenomeni meteorologici che ci appariscono. Segue uno strato *radioattivo,* non ancòra bene stabilito. Ed ecco la *stratosfera,* formata d'aria molto rarefatta e che si crede s'innalzi sino a circa 100 chilometri. Essa possiede una certa conduttività, perchè durante il giorno l'aria che la forma viene ionizzata dal sole e specialmente dai raggi ultravioletti. Però questa sua proprietà cessa con la notte per il ricambiarsi delle particelle elettriche.

Ed eccoci finalmente di fronte alla superficie di Heaviside: lo

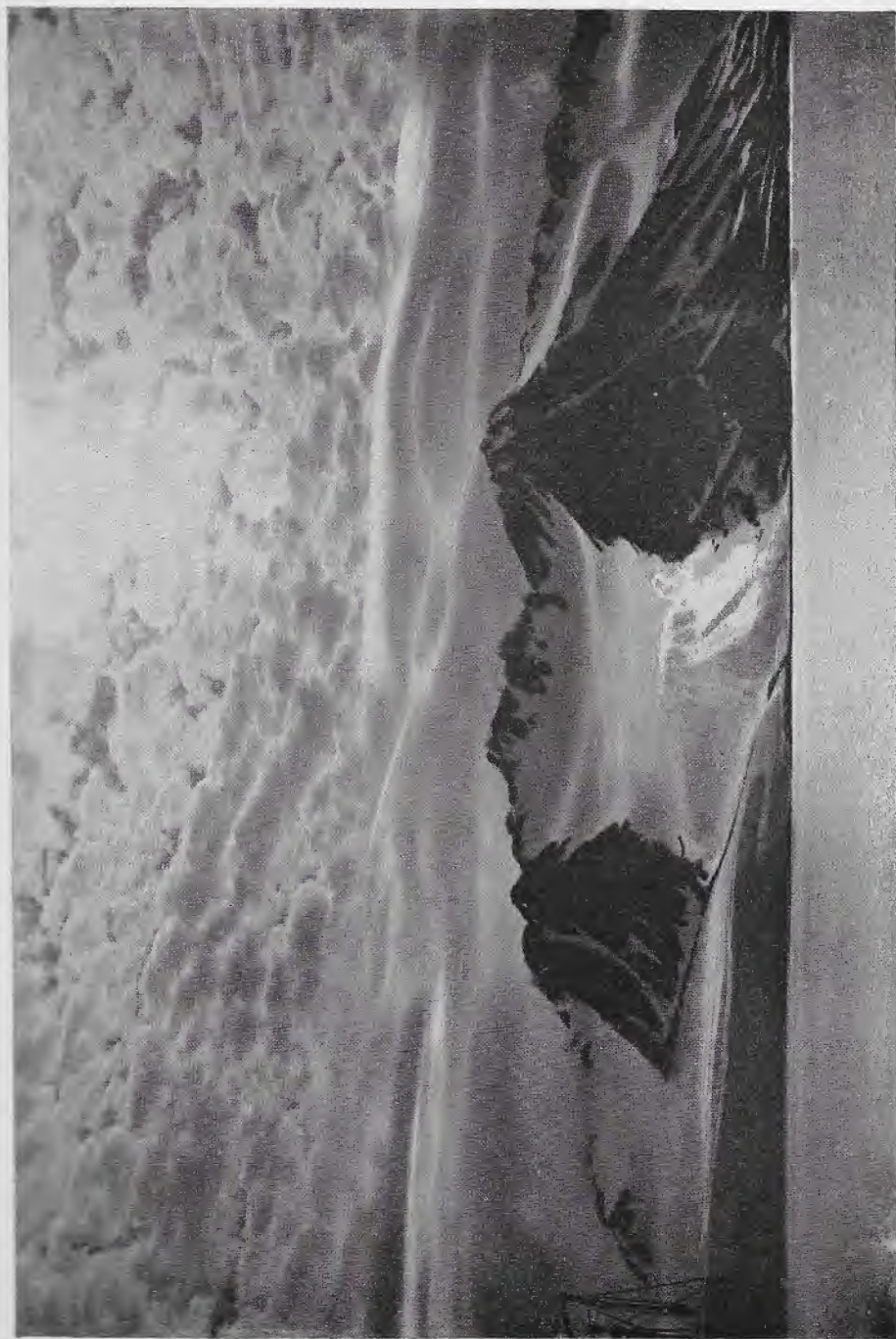
strato aereo che fu convenuto chiamare *metallizzato*. Esso viene a trovarsi isolato fra gli altri strati atmosferici e concentrici che avvolgono la terra in modo permanente, pel fatto ch'è sempre ionizzato. È talmente buon conduttore che le onde hertziane non possono penetrarlo. Quando esse raggiungono questo strato di Heaviside scivolano sulla sua superficie.

Secondo le ipotesi di Heaviside-Kennelly durante il giorno le onde non possono raggiungere questo strato metallizzato a cagione della *stratosfera* ionizzata, e quindi non si possono sfruttare che soltanto le onde che si spostano alla superficie terrestre. Di notte invece le onde possono raggiungerla e scivolare su di essa senza essere assorbite in modo sensibile. Le onde, insomma, si propagherebbero *di notte* in questo gigantesco portavoce ch'esiste tra la superficie della terra e questo strato *metallizzato*.

Ma l'ipotesi, fatta dall'americano Heaviside nel 1900, non è ancòra completamente provata.

Ecco come avverrebbero i *fading*, gli arresti delle trasmissioni. Le *onde lunghe* si propagano strisciando sullà terra ove lasciano una gran parte della loro energia: le *corte* invece vengono proiettate verso l'alta atmosfera dove ad una quota variabile — fra gli 80 e i 150 chilometri — incontrano lo strato *metallizzato* che le riflette verso la terra, tal'e quale come un grande specchio rifrange i raggi di luce. Ma la terra le rimanda di nuovo in alto, e così via per più volte.

È interessante seguire un poco i viaggi di queste onde.

Il dott. Quack, della grande *Compagnia Transradio*, fotografò con adatto strumento — l'*oscillografo* — un segnale a onda corta in tutti i suoi passaggi successivi. E venne a curiose constatazioni. Egli registrò sino a sette od otto passaggi successivi in un tempo di poco superante il minuto secondo. Per alcuni intervalli la distanza fra due passaggi successivi risultò di *un sesto* di secondo, dal che potè calcolare che il segnale, viaggiante con la velocità di 300.000 chilometri al secondo, fa nel frattempo, in alto, ad una cinquantina di chilometri dal suolo, tutto il giro della terra. Trovò anche che il segnale più forte non era il primo, ma uno dei seguenti.

Tempeste e sinfonie di colori nei cieli boreali.

I ghiacciai della baia della Maddalena.

Ma più straordinarie sono le comunicazioni che sopra questi viaggi delle onde ci ha fatto il dott. Stormer di Oslo in questi ultimi tempi (1928).

Egli ci afferma di essere riuscito a percepire echi di segnali emessi da una stazione a onde corte in Olanda (quella di Eindhoven) da *tre* a *dodici* minuti dopo la recezione del primo segnale diretto. Questo vorrebbe dire che tali echi sono rimbalzati successivamente percorrendo milioni di chilometri in alto (secondo il detto professore da 54 a 216 milioni di chilometri!). Ed ecco la meravigliosa deduzione che ne trae il professore di Oslo. I segnali suddetti hanno attraversato lo strato *metallizzato* di Heasivide e hanno continuato la loro folle corsa nello spazio. Quivi hanno incontrato un pianeta che li ha rimbalzati novamente sulla terra. Il tempo suddetto, interceduto fra uno e l'altro dei loro echi sensibili, sarebbe stato da loro impiegato nel grande viaggio nello spazio, fra un mondo e l'altro!...

La notizia ha rialzato le speranze di coloro che sono convinti di riuscire a comunicare, mediante i nostri messaggi radiotelegrafici e telefonici, con il pianeta Marte, speranze che s'erano alquanto affievolite dopo il poco brillante successo ottenuto dal dott. Mansfield Robison. Come largamente riferirono i giornali questo dottore inglese — che crede fermamente di ritrovare dei colleghi di pari fede nel pianeta nostro fratello più anziano — lanciò la notte del 24 dicembre 1928 un messaggio radiotelegrafico ai marziani dalla stazione ultrapotente di Rugby. Il messaggio — emesso alle ore 2,15' — corse su di un'onda di 18.500 metri. Costò al dottore L. 6,65 per parola. Ma i marziani non risposero... Le comunicazioni del dott. Stormer di Oslo — uno scienziato sul serio, questo — debbono avergli però rialzato il morale.

Le deduzioni del quale dott. Stormer non furono però accolte da tutti gli altri scienziati del ramo. Furono fatte ad esse molte obbiezioni. E si finì per spiegare il fenomeno da lui segnalato ritornando alla ipotesi più corrente che le onde in questione abbiano sempre corso, riflettendosi, tra le due sfere « metallizzate » costituite dalla terra e dagli alti strati atmosferici che dicemmo. In questo caso il segnale i cui echi furono percepiti dal dott. Stormer avrebbe percorso nel suo viaggio alto-atmosferico da 1000 a 4000 giri attorno alla terra!...

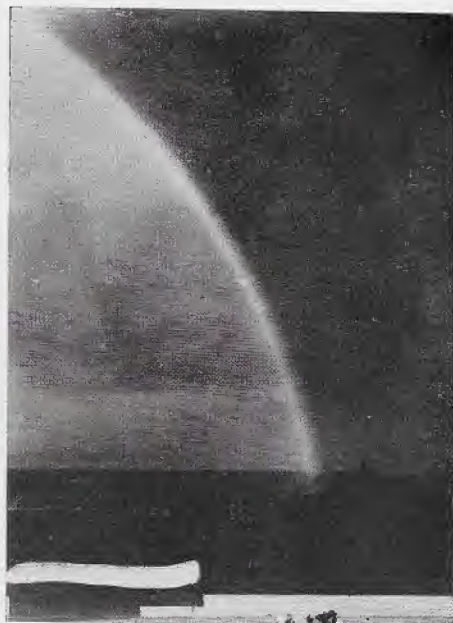
Interessanti osservazioni e notizie ci dà un competente nostro — l'ing. R. Salvadori — a proposito di questi fenomeni in relazione alla *televisione*. Egli ci dice:

« Questi fenomeni vengono messi in evidenza, anche quando sono di brevissima durata, nella *televisione*. In questo caso la più lieve eco, anche se di durata brevissima, dà luogo a due distinte immagini (qualche volta una di esse negativa) che l'occhio dell'osservatore nota immediatamente. Quando poi c'è evanescenza (interferenza), anche di corta durata, l'affievolirsi o lo sparire dell'immagine ne dà subito conto. Questo fenomeno risulta molto delicato, e perciò specialmente adatto allo studio del cammino delle trasmissioni radio nello spazio e nel tempo. Per questa ragione si sono recentemente stabilite negli Stati Uniti (il luogo dove le esperienze di televisione hanno acquistato importanza eccezionale con risultati realmente sorprendenti) due stazioni corrispondenti fra San Francisco e Nova York con trasmissioni per televisione (con speciali antenne a scacchiera aventi una direzione di massimo effetto), per studiare sistematicamente il fenomeno fisico del cammino delle onde attraverso lunghe distanze sopra terra. È prevedibile, come sempre, che, reso più acuto il mezzo di osservazione, si trovi il fenomeno più complicato di quanto si è creduto in sulle prime, analogamente a quanto è successo, per esempio, nello studio del moto degli astri ».

Ed a proposito degli *echi* lo stesso ing. Salvadori ci fa sapere:

« Un'eco interessante si è avuta a Londra nelle trasmissioni col nuovo impianto Marconi del Post-Office (a onde corte *beam*) che fa meraviglioso servizio per tutto l'impero coloniale inglese. L'onda, ch'è diretta alla Città del Capo nel Sud Africa, prosegue il suo cammino lungo il meridiano e torna a Londra ad impressionare (e perciò disturbare) gli apparecchi riceventi che si sono dovuti proteggere con opportuno schermo. L'eco arriva con un ritardo di circa 1/6 di secondo. I 40.000 chilometri, rappresentati dalla lunghezza del meridiano terrestre, dovrebbero dare un ritardo invece di circa 1/7 di secondo; quell'allungamento di 1/42 di secondo prova che il raggio elettromagnetico non cammina libero al livello del mare e, per riflessioni non facili a determinarsi, percorre circa 50.000 chilometri intorno al globo ».

*
* *

I magnifici fenomeni luminosi che l'alta atmosfera ci presenta nelle regioni boreali dettero occasione al fisico norvegese Vegard di enunciare, anche a questo proposito, alcune sue ipotesi nuove, frutto delle sue esperienze, e che meritano di essere note.

Il Vegard, con altri geofisici moderni, dal fatto che lo spettro delle *aurore boreali* resta lo stesso sino alle maggiori altitudini, non credeva che la composizione dell'atmosfera potesse variare con l'altezza. Però le recenti esperienze alle quali abbiamo accennato gli hanno fatto modificare, nel senso che diremo, le sue prime opinioni.

Le splendide luci dell'aurora boreale furono attribuite all'azoto illuminato dal sole. Ora Vegard crede che si debbano ai raggi catodici che illuminano i cristalli d'azoto solidificati dal freddo che si trovano sospesi nelle regioni dell'alta atmosfera nordica. Questi raggi catodici possono emanare direttamente dal sole, od essere prodotti, nella nostra atmosfera, da onde hertziane provenienti pure dal sole. Fu trovato nell'analisi spettrale della luce boreale ch'essa mostra le righe dell'*azoto* ma non quelle dell'*elio*, che come sappiamo si trova in abbondanza nella luce solare: mancano pure le tracce dell'*idrogeno*. Il Vegard spiega questa assenza col fatto che questi due gas non trovano a quelle grandi altitudini la temperatura abbastanza bassa occorrente a solidificarli. Difatti l'*azoto* si solidifica a 210 gradi

sotto lo zero, che, secondo il Vegard, sarebbe appunto la temperatura che regna negli strati ove si formano le aurore boreali. Resterebbe quindi esso solo per arrestare ed assorbire i raggi catodici, presentando l'emissione di quella intensa luce che rendono tanto smagliante questo fenomeno meteorologico.

Ma i cristalli d'azoto così sospesi nell'aria arresterebbero pure e rifletterebbero verso terra tanto le onde sonore che le hertziane. Sarebbe quindi questa una nuova spiegazione delle *zone di silenzio* delle quali parlammo e dei *fading* nelle trasmissioni lontane della Telegrafia Marconi.

***

Onde, dunque, dovunque: sopra, sotto, intorno a noi! Di luce, di suoni, di elettricità, d'altre forme che ci sono ignote ma la cui compagine è certo una sola, uguale ed indistruttibile: la misteriosa energia che anima il creato e che noi forse mai conosceremo. Onde che volano a fasci, a raggi, che s'inseguono, s'incrociano, si incalzano, frugano l'universo, rimbalzano da un mondo all'altro, per ritornare al nostro dopo aver penetrato plaghe lontanissime e inaccessibili sino al nostro pensiero con velocità fantasticamente grandi, percorrendo spazi enormemente vasti in tempi talmente brevi che sfuggono alle valutazioni dei nostri più delicati strumenti di misura. E l'uomo ha saputo impadronirsi di queste onde, imprigionarle, convogliarle, dirigerle docili ai suoi comandi, ingabbiarle pure, per farle vibrare e correre lungo gli spazi a suo piacimento.

Una rapida corsa fra le odierne conquiste delle onde vale i più fantasiosi romanzi che l'imaginazione dei poeti abbia mai potuto creare per sollevare il nostro spirito dalla breve prigionìa morale e materiale che ci lega al nostro granello di sabbia roteante nell'universo, forse e null'altro che come uno dei tanti atomi elettrici dei quali abbiamo tentato di dare una visione al nostro lettore!

Il dott. Otto Stille ha presentato l'anno scorso (1928) il suo filo d'acciaio nel quale il suono, la parola, viene imprigionata per sempre. Si tratta di un filo d'acciaio al cromo, non più grosso di una corda da violino, che attraversato da una corrente elettrica e messo in contatto con un microfono man mano che si svolge impri-

giona i suoni che serba poi incorporati per sempre. Un altoparlante poi ritorna loro, svolgendo il filo mediante un apparecchio speciale, tutta la sonorità e la chiarezza che quei suoni possedevano quando furono emessi ed imprigionati nel magico filo.

Il dottor Otto Stille, un dotto tedesco, così ha spiegato la sua invenzione: « Io ho cercato, dopo otto anni di studi, di applicare praticamente il principio scoperto nel 1900 dal mio collega pure tedesco prof. Poulsen. Egli era giunto ad ottenere registrazioni elettromagnetiche dei suoni e delle parole in un filo metallico per mezzo della variazione nel sistema molecolare del filo stesso. Ma gli esperimenti del dott. Poulsen non avevano dato che scarsi risultati: la voce da lui registrata sul filo non poteva venir riprodotta che per poche ore, dopo di che svaniva... ».

Il principio sul quale il *filo parlante* sarebbe fondato è questo: i suoni che si producono alla presenza del filo d'acciaio attraversato dalla corrente elettrica causerebbero delle variazioni d'intensità nella corrente le quali modificherebbero l'ordine molecolare del metallo incorporando i suoni. Questa modificazione molecolare sarebbe permanente. Il filo potrebbe quindi servire indefinitamente. Questo famoso filo del dott. Stille sostituirebbe i comuni grammofoni: ci darebbe mezzo di conservare, sotto forma di un piccolo rocchetto, conversazioni lunghe fra due o più personaggi (e intere rappresentazioni teatrali, perchè no?); accompagnerebbe felicemente le visioni cinematografiche, avendo anzi nel campo della cinematografia sonora o parlante ottime applicazioni (vedi, più avanti il filo vibrante di Lautte). Potrebbe anche servire per abbreviare le comunicazioni telefoniche, specialmente giornalistiche. Un intero articolo di giornale potrebbe venir registrato nel filo parlante del dott. Stille e, svolto davanti ad un telefono con grandissima rapidità, verrebbe trasmesso in pochi minuti al lontano giornale pel quale fu compilato.

Come si vede le risorse che può presentare la modernità scientifica a chi possiede idee e genialità inventiva sono infinite. Nell'attesa che tutti questi nuovi prodigi si compiano noi possiamo intanto godere largamente di quelli che la scienza d'oggi già ci ha procurati realmente.

Dal telefono al grammofono, dalla radiofonia agli scandagli

acustici con i quali si fruga il fondo del mare, dalla telefonia luminosa e sonora alla televisione, quale vasto campo di conquiste essa già ci ha aperto davanti!..

***

Meravigliosi di genialità sono gli scandagli acustici. Sono basati sopra l'impiego degli *ultrasuoni*. Che cosa sono questi?... Lo dicemmo: sono i suoni superiori ai 20.000 periodi di vibrazione, che il nostro orecchio non riesce più a percepire. È tutto un mondo sonoro fuori della nostra realtà. Eppure l'uomo ha conosciuto questi ultrasuoni: dove i suoi sensi sono mancati ha inventato strumenti meravigliosamente delicati che ne fanno le veci, o, meglio, che ne continuano e ne prolungano le percezioni e le sensazioni. E così ha potuto fare suoi questi suoni di un mondo acustico trascendentale ove il suo orecchio non potrà mai arrivare, li ha raccolti, disciplinati, diretti all'intorno a fasci con quel meraviglioso strumento che è il *peritero* del Langevin, il per noi silenziosissimo faro girevole che proietta fasci d'onde sonore tutto intorno a sè, a frugare l'aria e le acque marine, che posto sulla nave esplora il fondo del mare, sente gli scogli sommersi e ne indica il posto e la distanza precisa. E intorno a questo, « peritero », o faro esploratore è tutta una geniale creazione di strumenti straordinariamente delicati, idrofoni, cronografi registratori del suono, oscillografi che li produce, analizzatori ottici che li studia. E vengono scoperte proprietà nuove, come la *piezoelettricità* nelle sottili lamine del quarzo, il minerale già così benemerito come vedemmo per i raggi ultravioletti.

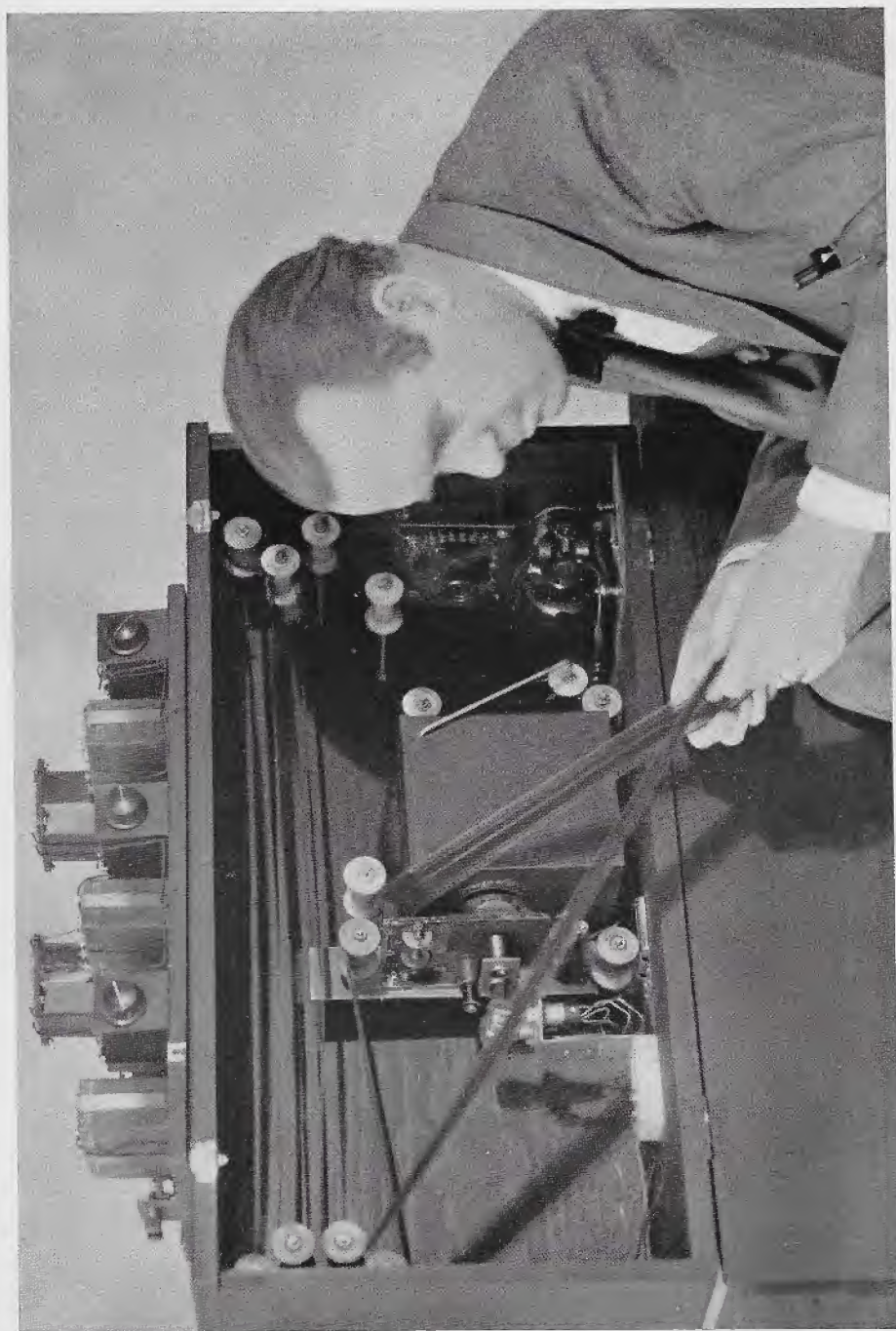
Gli scandagli acustici sono basati sopra gli echi dei suoni mandati ad esplorare il fondo del mare e rimbalzanti sino all'apparecchio ricevitore che li raccoglie e li registra. L'intervallo di tempo che corre fra il segnale che ha toccato il fondo marino e il ritorno della sua onda alla superficie, registrato da un cronografo capace di apprezzare i duecentesimi di secondo, ci rivela la profondità a cui si trova lo scoglio o l'ostacolo del quale si vuole conoscere la distanza dalla nave. Occorre quindi studiare dapprima il « produttore » di questi ultrasuoni e quindi l'apparecchio che li riceve e registra. Dal primo « oscillatore elettromagnetico » del Fessenden creato nel 1913 al

« Trasmettitore-ricevitore ultra-acustico » del genialissimo Langevin quanti studi e quanto cammino!...

A semplice carattere informativo pel nostro lettore daremo una rapida idea del come è disposto ed agisce il dispositivo ultra-sonoro a bordo di una nave. La recezione della eco avviene col mezzo di un ricevitore ultra-sonoro, identico al proiettore generatore delle onde acustiche e che trasforma gli ultrasuoni in correnti ad alta frequenza. Vi sono poi gli apparati di amplificazione del suono e di recezione dello stesso dopo il suo rapido viaggio nei fondi marini, basati sullo stesso principio di quelli usati in telegrafia senza fili, che modificano le correnti suddette ad alta frequenza sì da renderle udibili all'orecchio umano. Questo ricevitore è fissato all'estremità di un tubo mobile che può girare in un altro fermato allo scafo della nave in modo da poter venire orientato in tutte le direzioni, dando l'impressione di un periscopio rovesciato. Un cerchio graduato dà il modo di poter leggere l'angolo di orientamento per rapporto al piano longitudinale della nave.

In questo modo si sono potuti scandagliare vaste plaghe marine, determinandone con esattezza i profili dei fondi. Ricordiamo che ultimamente la nostra regia nave *San Marco*, agli ordini del comandante Alessio, fece una campagna idrografica nel Sud-America, il cui obbiettivo principale fu quello degli scandagli sottomarini col suono ed i cui risultati teorici furono riassunti dallo studioso nostro tenente di vascello Giorgio Cicogna.

Lo scandaglio acustico ci ha rivelato il suono che misura e registra ed il professore Quirino Maiorana ci presenta la *luce che parla* e porta lontano la nostra parola.

Già noi bene sappiamo come lo spettro della luce del sole venga continuato ai due confini dei colori che sono a noi visibili da altre luci che i nostri occhi non arrivano più a scorgere: sono la gamma dei raggi caloriferi che continuano dopo l'ultimo rosso e quella dei luminosi che proseguono dopo il violetto. Le abbiamo chiamate le luci infrarosse e le ultraviolette. Sappiamo pure che sono formate da piccolissime lunghezze d'onda (decimillesimi di millimetro le

Il nastro parlante.

più lunghe) e che corrispondono a frequenze altissime: milioni di milioni di cicli al minuto secondo!

Ora, il problema geniale va impostato così: imprimere l'onda sonora che ha frequenze assai piccole sopra quella luminosa che le ha invece grandissime, in modo che queste rechino con sè le sonore nel loro rapidissimo viaggio. La voce, la parola, insomma, verrebbe portata lontano, insieme con l'onda che le produce, sopra le ali (diciamo così) della luce.

Sarebbe questa la *modulazione della luce*, come l'ha chiamata il Majorana.

Ed ecco come si può ottenere questo miracolo. Occorre anzitutto aumentare e alternativamente diminuire l'intensità di radiazioni di elevatissima frequenza, quali sono quelle della luce, in corrispondenza delle oscillazioni di quelle di frequenza molto minore, quali le onde sonore. Una volta lanciate, così accoppiate, le onde in tal modo *modulate* sono ricevute da un apparecchio apposito nel quale esse vanno a urtare una cellula di selenio, la quale è sotto l'azione della corrente di un circuito che fa capo ad un telefono. Dicemmo già come il selenio ha la singolare proprietà di aumentare la sua conduttibilità sotto l'azione della luce. Il telefono, per effetto delle variazioni di corrente, fa udire i suoni recati dalla luce.

Ed eccoci quindi al *film sonoro*, la grande attualità mentre scriviamo e che sembra voler aprire tutto un orizzonte nuovo non solo per la Cinematografia ma per il teatro stesso.

Il cinematografo, che ha così largamente conquistato le folle, va cercando nuove vie per completarsi. S'è cercato di ottenere la riproduzione delle scene dal vero a colori naturali, l'effetto in rilievo, con i metodi Lipmann-Estenave che conosciamo. Oggi tutta l'attenzione è sul connubio *parola-movimento* nelle visioni che vediamo passarci davanti agli occhi.

L'idea non è d'oggi. Si pensò subito alla cosa sino dai primi giorni del grande successo delle imagini animate. Ricordiamo pure che nel 1896 Ernesto Ruhmer di Berlino meravigliò tutti con un suo telefono speciale nel quale la voce umana veniva riprodotta da una pellicola fotografica sulla quale la voce che s'udiva era stata registrata mediante le variazioni di luce che la stessa produceva

sopra un *arco* cantante di sua invenzione. Così pure l'ing. A. Lautte prese nel 1906 il primo brevetto per una sua cinematografia parlata e cantata basata sopra questo principio, rimasto fondamentale per tutti i processi successivi più perfezionati: i suoni vengono raccolti da apparecchi adatti e registrati fotograficamente sopra una pellicola in moto. La negativa poi viene posta in un altro apparecchio che trasforma le diverse registrazioni (tinte) in correnti elettriche che un altoparlante fa udire distintamente. In tal modo i segni scritti sulla pellicola si trasformano regolarmente nei suoni e nelle parole corrispondenti.

L'occhio elettrico.
Questa cellula fotoelettrica è tanto sensibile da restare impressionata dal solo passaggio della più leggera nube nel cielo. — Vedi testo.

Ma i perfezionamenti d'oggi si debbono a tre invenzioni capitali per la radiofonìa: la *lampada a tre elettroidi, l'altoparlante potente e la cellula fotoelettrica.* Ne parleremo fra poco.

Fu nel 1921 che il Forest applicò la sua famosa lampada *audion* al processo della cinematografia sonora.

Egli si preoccupò sopratutto del *sincronismo*, che come sappiamo è la condizione principale e quindi il problema più importante da risolvere, perchè l'azione dei movimenti delle figure ed i suoni che li accompagnano debbono correre paralleli, anzi simultanei e all'unisono. Per ottenere questo sincronismo il Forest pensò d'iscrivere i suoni sopra uno dei lati della pellicola, riserbando una striscia di quest'ultima alla registrazione delle onde sonore. Disponendo di tubi a gas rarefatto egli sostituì il filo vibrante di Lautte con una specie di tubo Geissler, che si illumina proporzionalmente all'intensità della corrente che passa. Le illuminazioni vengono così modulate secondo i suoni che agiscono sulla membrana del microfono, il che è possibile grazie all'amplificazione delle deboli correnti microfoniche.

Questo sistema agisce già largamente in America e pure in Inghilterra. Per ottenere miglior effetto si fa provenire il suono da

oltre lo schermo. Il sincronismo è ottenuto pel fatto che le due iscrizioni sono fatte sopra lo stesso nastro. Occorre però un altoparlante enorme, dall'apertura di alcuni metri.

In Germania viene usato il metodo *triergon*. Per ottenere le pellicole si adoperano accoppiati un apparecchio da *film* normale per le imagini ed un altro a microfono e lampada *a scarica* che fa l'iscrizione dei suoni sull'orlo della stessa pellicola, largo un centimetro. È molto delicato lo sviluppo fotografico di questa duplice pellicola, pel fatto che mentre le proiezioni delle imagini animate richiedono bagni tali da ottenere toni piuttosto dolci, quelle fonografiche devono avere toni duri.

Petersen-Poulsen ha cercato di ovviare a questa difficoltà facendo uso di due pellicole separate, e cioè una destinata alle imagini e l'altra ai suoni. L'apparecchio è basato sul funzionamento di un galvanometro a specchio i cui rocchetti sono percorsi dalla corrente elettrica *modulata* proveniente dal microfono. Le oscillazioni dello specchio seguono fedelmente le variazioni della corrente. Sullo specchio si dirige un raggio luminoso e si ottengono così oscillazioni del raggio riflesso proporzionali alle vibrazioni dello specchio e alle modulazioni della corrente. Questi raggi riflessi impressionano la pellicola che si svolge con moto continuo, e si ottiene così una serie di linee più o meno vicine e più o meno ampie. La difficoltà sta nell'ottenere il sincronismo fra l'apparecchio che prende le vedute e l'apparecchio che registra i suoni. Occorre naturalmente molta precisione e la si ottiene con un motore unico, tanto al momento della presa quanto in quello della proiezione. Si ha così il sincronismo perfetto fra i due apparecchi. La riproduzione dei suoni si fa sempre con una cellula fotoelettrica.

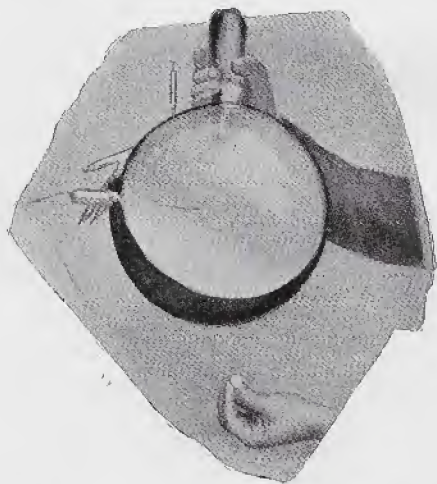
È tutto in questa il miracolo! Un vero *occhio elettrico*, come la chiamò il russo Rosing. La priorità dell'idea spetta a Kerr e fu perfezionata dal Karolus, che la sostituirono al selenio. Nel 1920 l'americano Case ci dette la sua, col nome di *thalofite*. Abbiamo pure una cellula italiana, che data dal 1917, dei professori Luigi Rolla e Luigi Mazza. Tanto il brevetto della cellula fotoelettrica del Case come quelli dei nostri due italiani sono tuttora tenuti segreti. Oggi la più grande cellula fotoelettrica è quella del professore Garner dell'Università d'Illinois: il bulbo misura 27 centimetri di diametro.

Anche il dott. H. E. Ives ci presenta una sua cellula fotoelettrica di rilevanti dimensioni. La sensibilità di quest'*occhio elettrico* è squisita. Resta impressionato dal passaggio di una leggerissima nube nel

Il dottor H. E. Ives — che in collaborazione con i laboratori della *Bell Telephone Co.* ha dato un decisivo impulso alla televisione — presenta la grande cellula fotoelettrica che adopera nelle sue trasmissioni.

cielo. Messa in comunicazione con un apposito ago od indice la cellula segna questo lieve passaggio sul diagramma metereologico.

Ma l'avvenire della film parlata — la *talking*, come lo chiamano gli americani — è tutto basato sulla televisione. È dessa destinata a soppiantare per sempre il cinema muto, la *movie* dei provettissimi operatori di Hollywood, la città delle visioni cinemato-

grafiche, diventata popolare in tutto il mondo in diretta ragione delle proiezioni che in tutto il mondo ha diffuse?... L'avvenire, molto vicino, ce lo dirà. Sappiamo intanto quale poderosa industria essa ha creato per gli Stati Uniti. Vi si tengono impiegati *due miliardi* di dollari. La recente inchiesta di un giornale americano ci fa sapere che la produzione dei films tiene colà occupate 325.000 persone, che *120 milioni* di amatori assistono ogni settimana alle proiezioni nei *quattordici mila* teatri-cinematografici degli Stati Uniti, con incassi settimanali che s'aggirano sui 50 milioni di dollari... Cifre americane.

Due estremi in fatto di cellule fotoelettriche.
La maggiore misura 27 cm. di diametro, la piccola è quella usata comunemente. — Se ne parla nel testo.

Dobbiamo anche dire che l'85 per cento delle films che si girano in tutto il mondo viene prodotto negli Stati Uniti, i quali ricevono in compenso di tanta esportazione di proiezioni dai 65 ai 70 milioni di dollari all'anno. E pare anche che con il film sonoro queste entrate sieno notevolmente aumentate.

Il segreto dell'innegabile successo e superiorità della Cinematografia americana è riposto in questo: che la sua preparazione tecnica — a differenza di quanto purtroppo avviene in altri centri d'Europa — non è abbandonata a mani empiriche di esclusivi speculatori, ma affidata ai maggiori istituti e laboratori scientifici di competenza indiscussa, con a capo scienziati di fama (come il De Gorek, uno dei maggiori tecnici di radio degli Stati Uniti ed il dott. H. B. Ives, della *Bell Telephone Co.)* i quali ne curano l'organizzazione tecnica, la preparazione e ne studiano ogni giorno i perfezionamenti.

Così le due maggiori produttrici di film sonori quali la *Vitaphone* e la *Movietone* sono uscite dai laboratori della *American and*

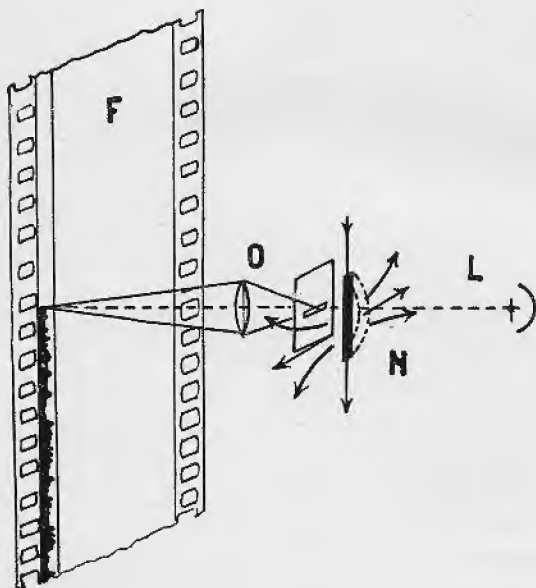
Telegraph e, per la parte costruttrice, sono collegate con la grande *Western Electric.* Anche la radio comincia a dare il suo valido appoggio al trionfatore del giorno. Difatti il film sonoro già si proietta, per ora solo in America, dalla *Photophone* la quale è uscita dalla *Radio Corporation,* appoggiata dalla *General Electric Company.* Ma tutti gl'intenti ora sono rivolti alla trasmissione a distanza. La televisione sarà, lo dicemmo, il grande trionfo del nuovo teatro cinematografico. Un notevole saggio già ne ha dato l'Inghilterra con la sua B. T. D. C. *(Baird Television Development)* di Londra, che ha ultimamente trasmesso a distanza una film parlata.

Tutto il problema è basato sulla sincronizzazione delle due onde del suono e della luce, le quali sono differentemente sintonizzate, per tenerle distinte. Il nostro lettore può formarsi un'idea dal come avviene la registrazione del film acustico dalle figure che presentiamo. Egli può scorgere i fori laterali nei quali scorrono i denti del disco di svolgimento del dispositivo fono-acustico: a lato di questi fori si vede la striscia *fono-acustica* la cui variazione di luce e di ombra proviene dalla sensibilissima cellula fotoelettrica che sappiamo, collegata con il contemporaneo e progressivo lavoro dell'ago incisore del suono sulla striscia fono-acustica che si trova a lato del film stesso.

Rimandiamo il lettore che volesse conoscere tutti gl'interessanti particolari tecnici di questi ultimissimi apparecchi registratori contemporaneamente della luce e del suono alla nuova opera del Cauda sopra il film sonoro (Edizioni Hoepli).

Tutti i nostri lettori che hanno assistito a rappresentazioni di questi ultimi *film* sonori sanno quali sono, almeno sino a questo momento, i pregi ed i difetti di questo (geniale del resto sotto ogni aspetto) accoppiamento della luce col suono.

È doveroso però non dimenticare che il *film* sonoro è ai suoi primi passi e che non ci ha detto sinora che le prime sue parole. Basta riandare al cammino percorso in pochissimi anni dal cinematografo per aver fiducia che molto anche in questa nuova forma, che possiamo a giusta ragione chiamare completa, potrà in un giorno molto vicino darci. La breve storia del cinematografo è molto brillante. La prima idea fu data da un astronomo, il Janssen, col suo « revolver fotografico » che aveva costruito per osservare il passaggio

del pianeta Venere sul Sole. Poi venne l'americano dottor Maubridge che per meglio seguire i suoi studi fisiologici sugli animali li fotografò mentre erano in moto, nelle varie loro pose. Il Marey, verso la fine del 1870 costruì il suo fucile a ripetizione fotografico, che gli permetteva di fare una dozzina di pose l'una dopo l'altra. Un celebre fisico tedesco, l'Auschütz, riuscì ad ottenere imagini di esseri

Schema della registrazione fono-acustica.
Come avviene la incisione della striscia fono-acustica sul film.

viventi in moto che furono molto ammirate. Infine venne Edison col suo *Praxinoscopio* che permise ai fratelli Lumière di Parigi, i primi cinematografisti, di costruire e lanciare le prime pellicole e gli apparecchi odierni, che sempre più perfezionati hanno fatto ormai della cinematografia un'istituzione mondiale della nostra modernità. La quale oltre il divertimento del popolo ha pure utilissime applicazioni nel campo degli studi scientifici, specialmente in quelli delle scienze naturali.

In questo campo il più curioso impiego dela cinematografia è

senza dubbio quello usato per *far fotografare da loro stessi* gli animali. Già sino dal 1905, l'esploratore tedesco Schillings riuscì a otte-

Il film acustico.

nere fotografie di animali selvaggi in piena libertà con un suo apparecchio, che è servito poi di guida a tutti gli altri venuti in seguito.

Il principio generale sul quale questi dispositivi fotografici sono basati è questo: viene collocato l'apparecchio in pieno bosco con vicino un'esca (animale o carne) per attirare la belva: questa si avvicina e, senza immaginarlo s'intende, tira un cordone che fa capo al coperchio dell'otturatore il quale si apre, opera, e poi automaticamente si richiude. E l'animale è restato fotografato. Di notte il cordone fa brillare un lampo di magnesio mentre l'otturatore si apre.

È interessantissimo leggere le memorie pubblicate in una grande Rivista americana dall'esploratore George Shiras, nelle quali questi racconta la peripezie curiose a cui andò incontro per fotografare con tale metodo le fiere che infestano le foreste ancora vergini degli Stati Uniti. Una bella fama in questo campo s'è fatta il viaggiatore William Nesbit, il quale mediante un suo apparecchio modificato sul tipo di quello dello Schillings riuscì a procurarsi una quantità di chiari e interessantissimi episodi della vita degli animali liberi nelle foreste. Egli faceva uso di una speciale lampada al magnesio di sua invenzione, la cui luce durava tanto da poter fissare sull'obbiettivo automatico il soggetto mentre, senza troppo curarsi della viva luce che iluminava il suo posto, preso solo dalla golosità o meglio dalla fame, sta divorando l'esca posta accanto alla macchina.

Oggi si adoperano speciali apparecchi cinematografici collegati con piccoli accumulatori elettrici sparsi qua e là e nascosti sotto l'erba, in modo che sotto il tocco delle zampe degli animali vengano messi automaticamente in moto. Si ottengono così quadretti curiosi, scenette che si possono chiamare intime, piccoli drammi ed episodi svariati, fra i quali alcuni anche comici, della vita naturale degli animali del bosco nella loro piena libertà.

Ma l'impiego della cinematografia per queste documentazioni appare più importante per la scienza, quando è applicato agli insetti. S'è specializzato in ciò l'Istituto Marey di Parigi, che fornisce alle scuole e ai gabinetti di Storia naturale interi film, specialmente sul volo di questi interessanti piccoli animali. L'Istituto adopera allo scopo un suo dispositivo speciale ideato da M. L. Bull, nel quale l'insetto — per esempio una zanzara, una mosca, una libellula —, viene fissato leggermente per una zampa a una pinza elettrica che la libera solo al momento in cui l'otturatore del cinematografo viene

aperto. L'animale prende il volo in uno spazio limitato da pareti di vetro e tale che resti sempre sotto la visuale dell'obbiettivo, il quale fissa sul film tutte le fasi del volo.

E sempre parlando di animali sono singolari gli studi che si vanno compiendo da diversi scienziati sopra questo soggetto: « Le onde hertziane sono percepite dagli insetti?... ». Secondo il dott. Filippo Thomas le ali di certe farfalle, specialmente notturne, come il *Pavone di notte*, sembrerebbero vere antenne capaci di catturare le dette onde. Il dotto francese ha, allo scopo, costruito un suo speciale *ultra-microscopio* per cercarne di carpire il misterioso quanto interessante segreto, il quale ci rivelerebbe forse tutto un nuovo aspetto della vita degl'insetti. Anche il prof. Lefeuvre ha costruito uno speciale suo dispositivo per ricevere dei messaggi radio-telegrafici mediante... una rana! Studi attraenti senza dubbio, ma appena, sinora, ai primi passi. Dobbiamo ritornare sopra questo soggetto a pagina 336.

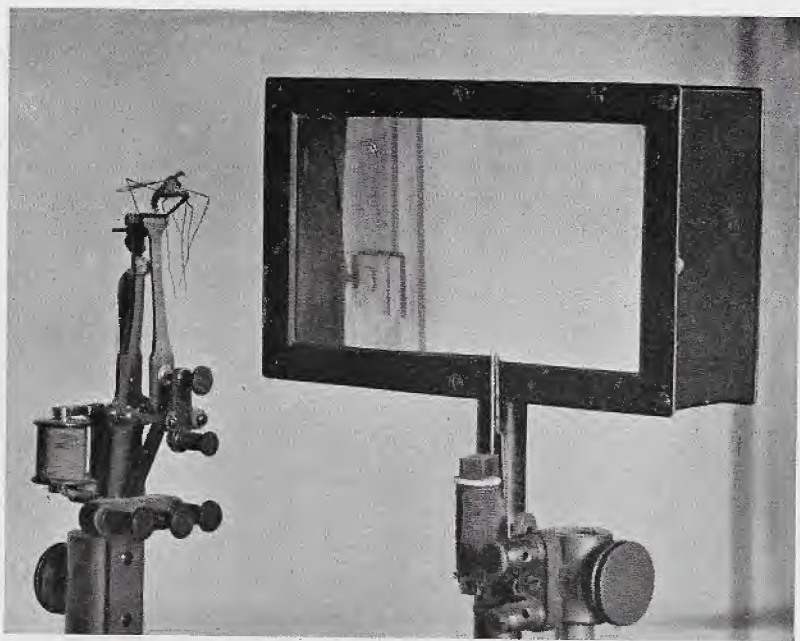
Certo è che le onde hertziane debbono avere una certa influenza sopra gli esseri viventi. Da indagini compiute in questi ultimi tempi a Valenza in Spagna ed in Germania parrebbe che i colombi viaggiatori lanciati nelle vicinanze di stazioni trasmettitrici di T. S. F. in azione, ne vengano disorientati tanto da non ritrovar più la direzione del volo. Si vedono girare per molto tempo in alto e in circolo e non ritrovano la strada se non con la cessazione delle emissioni...

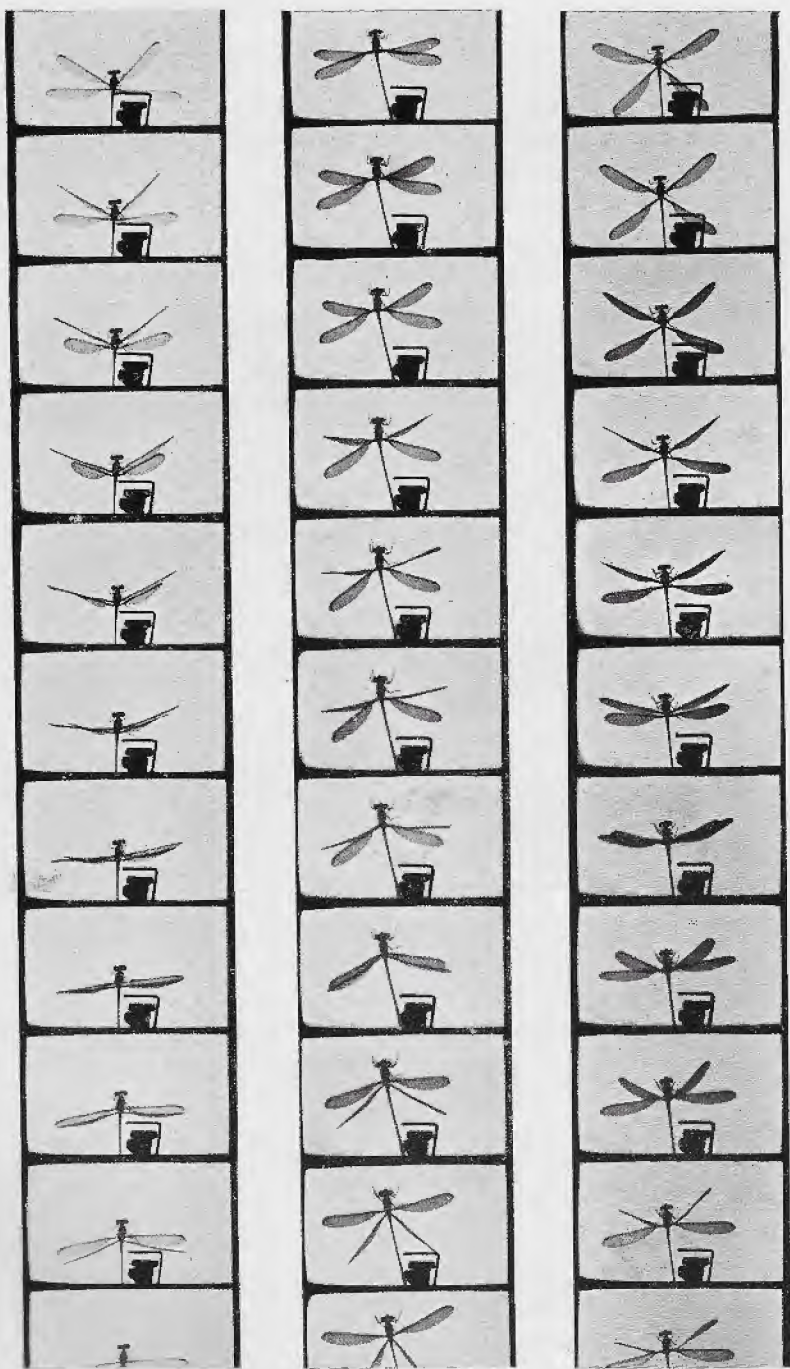
***

Verso gli ultimi anni del milleottocento l'elettricista svizzero Antonio Bréguet fece una profezia: « Nella prima metà del secolo che verrà — egli disse — si vedrà *elettricamente* a Parigi quello che avviene a New York!... ».

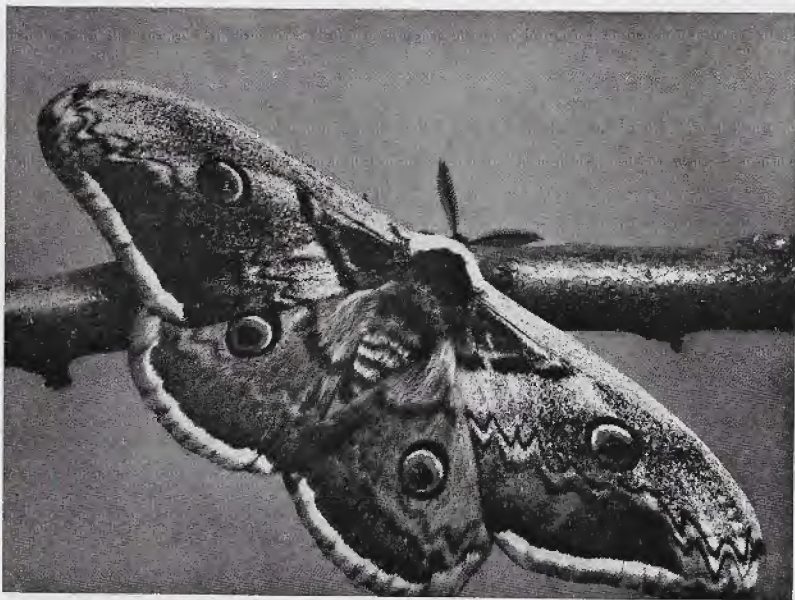
E tre anni or sono (nel 1926) il geniale Baird chiamò nel suo gabinetto i colleghi più fidati per mostrare loro il più incoraggiante risultato degli studi che da anni andava proseguendo: la visione per telefono del suo corrispondente con il quale stava comunicando. L'anno prima (1925) Senkin e Moore avevano alla loro volta fatto vedere agli amici, con il loro dispositivo, un mulino a vento

che roteava a parecchi chilometri di distanza, proiettato limpidamente sopra uno schermo nel loro gabinetto.

L'ultimo giorno dell'ottobre 1928 la Compagnia radiofotografica di Londra trasmetteva, come inizio del suo servizio imagini,

Una zanzara trattenuta con una zampa in una pinza elettrica la quale libera l'insetto nel momento preciso in cui si apre l'otturatore dell'apparecchio cinematografico. *(Se ne parla nel testo).*

il ritratto del re Edoardo. Nel dicembre la trasmissione telegrafica di ritratti, illustrazioni e manoscritti, cominciava fra Vienna e Berlino con lo scambio delle fotografie dei cancellieri Marx e Seipel. Oggi i grandi giornali europei ricevono giornalmente dai loro corrispondenti le fotografie degli avvenimenti importanti un'ora dopo che hanno avuto luogo, che vengono subito stampate e diramate ai lettori. Così fa il *Daily Mail*, il *Glasgow Herald*, il *Daily Crhonicle*. Il servizio è anche in corrispondenza con i grandi giornali di Parigi e di Berlino e va sempre più estendendosi con le altre capitali. Anche noi non re-

Film di una libellula che s'è fotografata da sè durante il volo con il dispositivo del Bull.

stiamo indietro. Da Roma la E.I.A.R. fa partire trasmissioni d'imagini e con brevetti italiani, e questo modernissimo servizio va allargandosi sempre di più anche fra noi.

Che dire dell'America? Mentre si prepara ad organizzare sopra vasta scala la radio-cinematografia, l'America fa lanciare dai suoi

Si pensa che le antenne degl'insetti possano servire loro come veri apparecchi ricevitori radiotelegrafici. *(Vedi pag. 311)*.

grandi laboratori Jenkins imagini per tutti i suoi giornali e per quelli di oltre Atlantico. La radiofotografia mondiale oggi vola da New York a Londra, fra Berlino e Buenos Ayres , fra il nuovo Giappone e la vecchia Europa. Mentre scriviamo si sta assestando una potente stazione della forza di 5 kilowatt presso Washington per la diramazione di proiezioni e di cinematografie. Essa, lavorando ad onde corte, avrà un raggio d'azione assai più esteso delle altre comuni stazioni ad onde lunghe di pari energia. Le fotografie così lanciate per centinaia di chilometri, sino a sessanta per giorno, arrivano chiare e nitide come gli originali.

Siamo di fronte a tre forme di lanci telegrafici de' quali i nostri nonni non avrebbero potuto concepire non solo la possibilità ma neppure l'idea: la *telefotografia*, la *telecinematografia* e la *televisione*.

La *telefotografia* è la trasmissione di una fotografia o di qualsiasi altro disegno con le onde radio-elettriche; la *telecinematografia* è la riproduzione simultanea in sale lontanissime — oltre oceano benanche — di un *film* che si svolge regolarmente sullo schermo nella sala da cui viene inviata; la *televisione*, finalmente, che sarà la più grande applicazione pratica scientifica della nostra modernità, è la perfetta riproduzione, a centinaia di chilometri, della figura animata, con tutti i suoi movimenti. Essa è già accoppiata all'apparecchio telefonico. Noi vediamo così la persona che ci parla. *(Vedi pag. 8)*.

***

Non bisogna dimenticare, in tanta gloria dell'oggidì, i precursori. Nel 1851 all'Esposizione Universale di Londra apparve un « telegrafo autografico » presentato dal fisico Backwel. Ma la primissima idea era stata di Wheastone. Tre anni più tardi, nel 1854, un nostro studioso italiano, l'abate Giovanni Caselli di Siena, un patriotta del quarantanove, esiliato a Parma e fisico distinto, presentò in Francia il suo *pantelegrafo*. Ebbe successo, fu perfezionato dal Froment nel 1863 e due anni appresso venne ufficialmente adottato dal governo francese che lo installò dapprima sulla linea ferroviaria Parigi-Lione e più tardi su quella Marsiglia-Lione. Il dispaccio da trasmettere autografo costava in ragione della sua superficie: venti centesimi al centimetro quadrato. L'ufficio telegrafico forniva al cliente la carta metallizzata necessaria per trascrivere il testo.

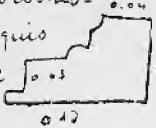
Ma i tempi non erano maturi. Questa forma di trasmissione non fu compresa nè apprezzata dal pubblico e lo Stato francese dovette abbandonare l'impresa. Il Caselli ritornò a Firenze ove morì nel 1891 sessantenne all'ospedale di Santa Maria Novella.

Dopo il Caselli seguì tutta una fioritura di apparecchi trasmittenti i dispacci autografi, inspirati dal *pantelegrafo* del nostro Caselli. Per la storia ne diamo l'elenco: quello del Meyer, il *fotoscopio* di Lazzaro Weiler, il *teletroscopio* di Seulecq d'Ardes, il *telefotografo* del Perosino, altri simili dell'Ayrton e Perry, di Carey e di

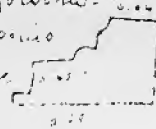
Bidwell; il *teletroscopio* di Jan Szczepanik, il *telautografo* di Ritchie ed il famoso *occhio elettrico* del russo Rosing... Si arrivò così al 1907, anno nel quale il Korn in Germania e l'ing. Edoardo Belin in Francia ripresero seriamente la soluzione del problema della trasmissione a distanza dei documenti grafici. Essi partirono da due principii diversi: il Korn applicò al suo dispositivo le variazioni della conduttività elettrica del selenio sotto l'azione della luce (proprietà scoperta dal May di Valenza), il Belin inventò un suo sistema meccanico particolare col quale poteva far variare la intensità della corrente in relazione a quella della tinta dell'imagine da trasmettere. E presentò il suo primo *fototelegrafo* che poi successivamente modificato diventò il *telestereografo* Belin del 1922.

Intanto gli studi sulla visione a distanza avevano attratto un grande numero di studiosi che mettevano il problema sopra vie sempre più nuove e pratiche. Ricordiamo il sistema francese Rignoux e Fournier.

Molto interessante è il *Telautografo* stato adottato in molti uffici telefonici di Londra. Esso viene accoppiato col telefono. È un trasmettitore della scrittura. Volendo parlare con qualcuno stacchiamo il ricevitore e l'adoperiamo come un telefono comune: vogliamo scrivere al nostro interlocutore? non facciamo che riattaccare il ricevitore al suo uncino, premere un bottone dell'apparecchio e scrivere sopra apposito piano con la matita. Ogni movimento di questa viene ripetuto all'altra estremità della linea e la nostra scrittura viene così automaticamente trasmessa. I due saggi che riproduciamo ci dicono senza altre parole tutta la sua utilità. Questo ingegnoso apparecchio, che viene in aiuto e completamento del telefono, è adoperato sulle navi della Regia Marina inglese per la trasmissione degli ordini dei Comandanti.

In Francia mediante l'apparecchio ultimo del Belin (il *Bélinophagre*, modello 1928) vengono trasmesse le impronte digitali dei delinquenti.

Così il medico si serve delle radio-onde per poter *ascoltare in distanza* i battiti del cuore del malato che ha in cura ed esaminarne graficamente il movimento. E lo fa con l'*Elettrocardiogramma:* un « registratore fotografico » legato ad un galvanometro e ad una lampada ad arco che serve di sorgente luminosa. È un istrumento tanto

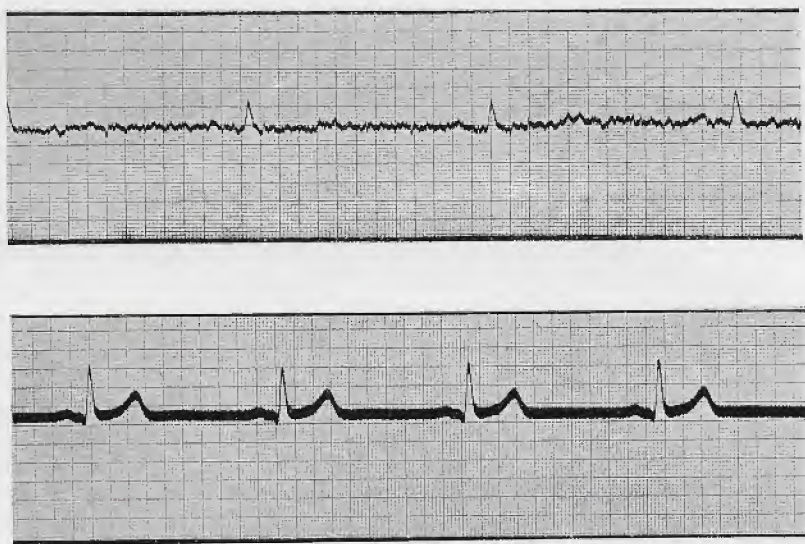
delicato quanto preciso, dovuto agli studi dei dottori Einthoven, Bull e perfezionato da altri recentemente. Un famoso vecchio medico dell'*Hospital for Diseases of the heart* di Londra, può in tal modo dal gabinetto di casa sua, lontano non meno di dieci chilometri dall'ospedale, fare le diagnosi sopra i suoi malati adagiati nel loro lettuccio senza affaticar loro nè... sè stesso.

Il principio generale sul quale sono basati tutti questi appa-

IL « TELAUTOGRAFO » INGLESE:

Fac-simile della scrittura trasmessa.

Fac-simile della scrittura ricevuta.

recchi moderni può essere sintetizzato, tanto per quelli trasmittenti la voce umana con le onde libere e cioè senza fili che le impressioni luminose, con l'ammirabile chiarezza con che lo stesso ing. Edoardo Belin l'ha spiegato ad un collaboratore della *Science et la Vie*. Trasportiamoci — egli ha detto — nell'*auditorium* di una stazione radiofonica trasmittente. La voce nostra emette delle onde di valori differenti di vibrazioni che producono correnti radio-elettriche di intensità diverse. Ad ogni nota ricevuta dal microfono corrisponde una intensità di corrente determinata. Le diverse correnti consentono all'apparecchio ricevitore di riprodurre esattamente le note originali.

Lo stesso avviene per le imagini. Un'imagine non è che un insieme di punti diversamente luminosi. Se abbiamo il mezzo di riprodurre alla recezione la corrente hertziana che ha agito all'origine sopra l'emissore radio-elettrico otterremo i valori luminosi corrispondenti. Occorre quindi cercare successivamente tutti i punti di una figura mediante un dispositivo composto di molti specchi e di

Diagrammi dell'*Elettrocardiogramma* che registra il battito del cuore a distanza di chilometri.

In alto: ritmo normale. — *In basso:* cuore malato di endocardite.

un obbiettivo. La figura viene dapprima riflessa da uno specchio e l'imagine ottenuta è raccolta da un diaframma che non lascia passare che un solo punto. Il raggio luminoso uscito da questo unico punto va ad urtare un'ampolla radioelettrica, che contiene del potassio. Allora l'azione luminosa si trasforma in corrente elettrica di corrispondente intensità, la quale agisce sopra una stazione emittente di Telegrafo senza fili. E l'apparecchio ricevitore riproduce il punto luminoso. Ora con un dispositivo meccanico adatto tutti i punti della figura vengono scrutati con la sveltezza occorrente ac-

L'apparecchio di trasmissione a filo di figure animate che servì per trasmettere l'imagine di Vilma Banky da Chicago a Nova-York.

ciocchè l'impressione prodotta sulla rètina del nostro occhio dai vari punti persista in modo da darci il mezzo di *vedere* tutta la figura riprodotta.

Possiamo aggiungere questi altri particolari dei dispositivi più recenti. L'imagine da trasmettere lontana viene proiettata facendo passare i raggi luminosi che da essa partono attraverso un disco mobile perforato da una serie di piccolissimi fori disposti a spirale. La luce, passando tra essi, dà una serie di punti luminosi i quali, per effetto della rapidissima rotazione del disco, si dispongono in linee continue che riunite e combinate riproducono la figura dalla quale provengono. Ora sono appunto queste linee che vengono trasmesse a distanza, elettricamente, con le onde eteree e che vanno a concentrarsi sullo schermo lontano, per mezzo delle cellule fotoelettriche. In tal modo le varie impressioni di luce e di ombra che nel loro succedersi costituiscono la imagine vengono fedelmente riprodotte a chilometri di distanza.

Si sta studiando il mezzo di ottenere, con la maggiore perfezione, la trasmissione delle imagini con tutti i loro colori naturali. Il problema risolutivo della *televisione colorata* è basato sulla cellula fotoelettrica che deve risultare sensibile a tutti i colori dello spettro solare. Se per la televisione monocroma, ossia ad un solo colore, bastava una cellula fotoelettrica sensibile ad un solo colore, nel caso della colorata, come si vede, il quesito si complica. Ma siamo a buon punto. Si è ricorso al principio della tricromia, e cioè ai tre colori fondamentali, che sono il *rosso*, il *verde* ed il *blù*. Quindi occorrono tre cellule fotoelettriche sensibilizzate distintamente per questi tre colori. Ed ecco come agiscono. Supponiamo che si debba trasmettere un paesaggio ricco di verzura. I raggi che partono dalla massa verde di questa rendono attiva solamente la cellula fotoelettrica sensibile al verde, mentre le altre restano passive. Ma queste sono viceversa rese attive dal turchino del cielo e dai toni rossi e dalle loro combinazioni svariate che provengono dalle altre luci riflesse dal paesaggio.

Ma difficilissimo, abbiamo detto, a realizzare questo così facile, all'apparenza, principio teorico! Anzitutto perchè l'occhio possa afferrare e fondere la visione in un tutto corrispondente alla realtà lontana — di centinaia e più chilometri spesso — occorre che si com-

Un *record* delle trasmissioni con il filo.
Il grazioso sorriso di Vilma Banky fotografato alle 10.30 del mattino a Chicago e proiettato alle 19 dello stesso giorno in tutte le sale cinematografiche d'America.
(Se ne parla nel testo).

piano non meno di un mezzo centinaio di migliaia circa di trasmissioni luminose diverse per ogni secondo. Si tratta quindi di conquistare una potenza di velocità che supera quella di qualsiasi *record* possibile a noi uomini con i nostri mezzi di movimento. Che cos'è, in definitiva, la televisione? Una fotografia che ogni minuto secondo si rinnova con velocità fantastica. La visione reale viene concentrata in una camera oscura sopra una lastra speciale: alla stazione ricevente uno schermo bianco tiene il posto di questa lastra; sopra lo schermo la fotografia della stessa riappare con tutti i suoi colori e con tutti i suoi particolari. Ma per dare un'idea della somma fantastica di tutti questi particolari ci basti dire che *un solo centimetro quadrato* della fotografia dev'essere suddiviso in *venticinque mila* punti luminosi! Ora tutti questi punti debbono incalzarsi in una piccolissima frazione di minuto secondo, sì da poter inviare allo schermo ricevente non meno di *mezzo milione* di variazioni luminose al secondo!... Lo scopo s'è potuto raggiungere solo ora con la recentissima invenzione dell'*oscillatore catodico*, basato sopra principî puramente ottici-elettrici.

Il dispositivo della *Bell Telephon Company* che riusciva a scomporre la figura del volto umano in 2500 punti trasmessi in 1/16 di secondo, rilevando così 16 imagini successive in un secondo (in totale 50.000 variazioni) è con questi *oscillatori*, dovuti all'Holvech ed al Belin, ormai superato. Sono veri e rapidissimi impulsi luminosi che viaggiano sulle onde con rapidissima velocità da una plaga all'altra del mondo, varcando oceani e montagne, e recando con sè la vita animata con tutte le sue vibrazioni di luce e di colore.

La fototelegrafia è largamente usata sugli aeroplani e dirigibili. Specialmente durante le manovre aeree, le fotografie eseguite da speciali operatori sul velivolo vengono subito sviluppate e trasmesse radiotelegraficamente e ricevute sino alla distanza di 1800 chilometri, e tutto in uno spazio di tempo che supera di poco il quarto d'ora.

La *Universal Aviation Corporation*, che gestisce il servizio aereo da costa agli Stati Uniti, ha già disposto perchè ogni suo aeroplano per passeggeri abbia un apparecchio che permetta ai viaggiatori di conversare telefonicamente con le stazioni terrestri. I piloti comunicano con questo mezzo con gli aeroporti e ricevono i bollettini meteorologici ed altre informazioni pel viaggio. Ora vi si

stanno aggiungendo anche gli apparecchi per inviare fototelegrafie agli amici ed ai giornali.

Per finire con tutti questi prodigi di trasmissioni che dobbiamo alle onde elettriche, illustriamo la sorridente imagine della bella *star* Vilma Banky che tutti i nostri lettori bene conoscono e che loro presentiamo, raccontando la graziosa avventura capitatale. Presa da un obbiettivo alle 10,30 del mattino mentre usciva da un grande magazzino di mode a Chicago, alle 13 il film veniva immesso sul filo telegrafico e ricevuto a New York. Alle 15,30 era trasmesso sotto forma di nastro ed alle 19 della *stessa sera* tutti i quattordicimila teatri-cinematografi degli Stati Uniti potevano offrire il bel sorriso della *star* ai loro frequentatori!

⁂

E dobbiamo tutto questo prodigio di velocità degl'impulsi luminosi alle onde corte ed a fascio.

La luce e l'elettricità, delle quali abbiamo conosciuta la enorme velocità nello spazio, si sono riunite sorelle per frazionare a pro' della *televisione* la piccola unità del nostro tempo — il minuto secondo — in parti infinitamente piccole... Le onde corte che adoperiamo per le trasmissioni radiofoniche ci danno già *dodici milioni* di oscillazioni al secondo! Nessuno di noi potrà mai riuscire, con i nostri sensi limitati, a percepire la *dodicimilionesima parte* di un minuto secondo!... È una tale piccolezza trascendentale del tempo che si confonde — teoricamente — con l'eternità. Poichè si può dire che il tempo, quale lo concepiamo noi con i nostri sensi, viene in tal modo annullato. Il che ci aiuterà a comprendere il valore *tempo* nell'universo, quando ne parleremo nel capitolo che segue.

⁂

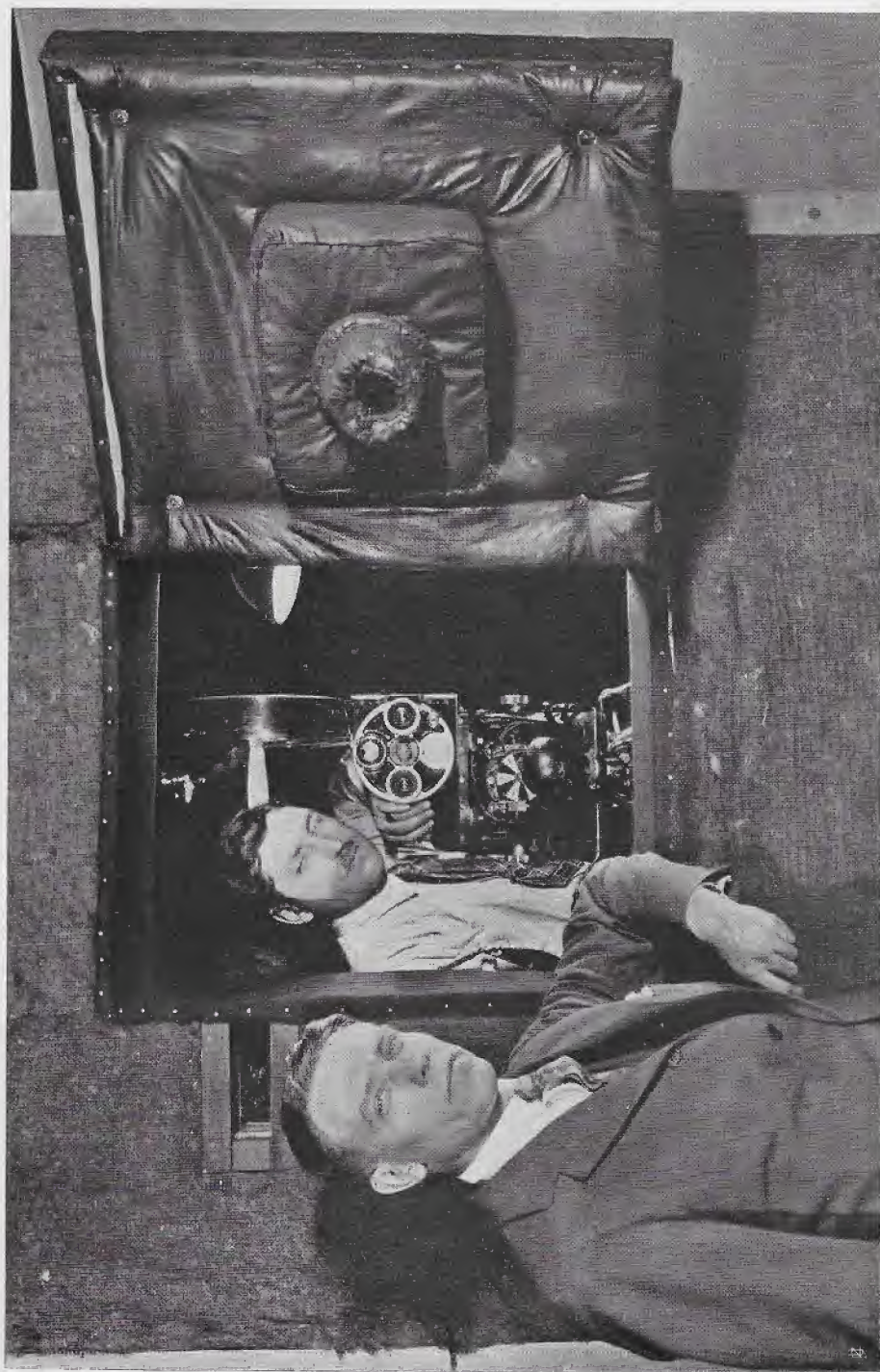
Quando, il 21 novembre del 1926, Guglielmo Marconi parlò all'Augusteo di Roma davanti al Re ed alla Regina, ai cittadini più insigni della nostra capitale, agli ambasciatori, senatori e deputati, fu per annunziare il gran fatto che — egli disse — cambierà l'aspetto del mondo.

Fra non molto — cominciò Marconi — le onde elettriche, lanciate a fascio attraverso lo spazio, porteranno lontana l'energia elettrica ovunque noi vorremo. Noi potremo con poca spesa, con piena fedeltà, con assoluta segretezza, radiotelegrafare, radiotelefonare, lanciare i *broad-costing* degli inglesi, le telefonate circolari, dare istruzioni e ordini ai naviganti dispersi nel mare, fra i ghiacci, nel-

Le impronte digitali trasmesse con un apparecchio trasmettitore a distanza.

l'aria, trasmettere imagini e visioni e trasmettere, *come un dispaccio*, l'energia elettrica a qualsiasi distanza per mettere in moto macchine e treni, stabilimenti industriali, illuminare città...

Tutto questo dovremo — continuò — al nuovo sistema di radio-comunicazioni « a fascio » il quale è più rapido, più sicuro, costa solo *un decimo* delle spese e consuma meno ancòra di *un decimo* dell'energia, del sistema usato finora nelle trasmissioni eteree. Sarà questo il trionfo delle *onde corte!*

Marconi non era soddisfatto della sua radiotelegrafia. I messaggi inviati da un luogo ad un altro ben stabilito, s'irradiavano all'intorno in ogni direzione. La notizia segreta inviata dall'Europa

Un sensibilissimo apparecchio americano per il film sonoro.

Consiste di un « parlante » elettrico, di un microfono perfezionato e di un dispositivo speciale sul quale finora è tenuto il segreto.

all'America attraversava l'Africa e l'Asia, arrivava sino in Oceania e poteva essere catturata da chiunque lo avesse voluto. Il segreto epistolare non esisteva!

Fu questo il cruccio che tormentò Marconi per molti anni. Balenò allora allo scienziato italiano — scrisse A. Bacchiani il giorno dopo la grande conferenza, dandone la relazione sopra un giornale della capitale — il proposito « di seguire una via del tutto opposta a quella da lui medesimo indicata nel passato. Occorreva una non comune forza d'animo a rinnegare se stesso: ma dinanzi alla scienza il vero scienziato sopprime ogni falso amor proprio. Il giorno, nel quale in pieno mare siriano di Beiruth l'insonne navarca dell'*Elettra* trovò che un'onda eterea di 32 metri era del tutto vigorosa alla distanza di 3890 chilometri — mentre un'onda tre volte maggiore, di 92 metri, si affievoliva a non grande distanza e a 1850 chilometri svaniva interamente — potè stabilire che la portata delle trasmissioni aumenta a misura che la lunghezza delle onde vien ridotta.

« La rivoluzione principiava. Le teorie fondamentali della radiotelegrafia a grande distanza erano capovolte. Grande fu lo sbalordimento dei tecnici, che continuavano ad esser scettici e critici severi. Il *dominion* dell'Africa Australe sospende la costruzione della sua stazione ultrapotente, il governo inglese applica immediatamente il nuovo sistema alle sue comunicazioni con il Canadà e poi con gli Stati Uniti e l'Australia. Agli antipodi di Londra il miracolo è ancor più sensibile. Il signor Lee, capo del servizio governativo per il Regno Unito e i suoi *dominions*, n'è tanto ammirato, che proprio ieri ha inviato al senatore Marconi un telegramma, diretto all'« Augusteo », che vale un volume di lodi e di inni ».

⁂

Due date resteranno storiche per Guglielmo Marconi e per la scienza italiana: il 1916 ed il 1924.

« A Genova, nel 1916 — raccontò Marconi — feci costruire un primo minuscolo impianto di R. T. basato su principî del tutto diversi da quelli che venivano allora usati. Con questo apparecchio nello stesso anno a Livorno, ove la nostra Regia Marina gentilmente mi fornì ogni facilitazione, potei eseguire prove attraverso distanze

di parecchi chilometri. Queste prove furono poi continuate ad intervalli in Inghilterra ».

Nel febbraio del 1924 Marconi iniziò le storiche esperienze destinate a rilevare le onde corte più opportune nelle trasmissioni a grande distanza sotto l'influenza della luce solare. Queste esperienze furono condotte con quattro lunghezze d'onda: 92, 60, 47 e 32 metri. Durante le stesse esperienze fu fatta anche una prima trasmissione radio-telefonica fra l'Europa e l'Australia. Fu la prima volta, nella storia delle radio-comunicazioni, che la parola umana venne trasmessa direttamente in modo intelligibile alla distanza di circa 20.000 chilometri.

La vittoria toccò all'onda di 32 metri. Con quest'onda Marconi è riuscito a corrispondere di giorno dall'Inghilterra al Canadà, agli Stati Uniti, all'Argentina, all'Australia con la modesta energia di soli *dodici* Kilowatt.

« Sono convinto — concluse Marconi riferendo queste sue conquiste — che il sistema ad onde corte faciliterà anche enormemente lo sviluppo dei sistemi di trasmissione di fotografie a distanza e quello della *televisione* ».

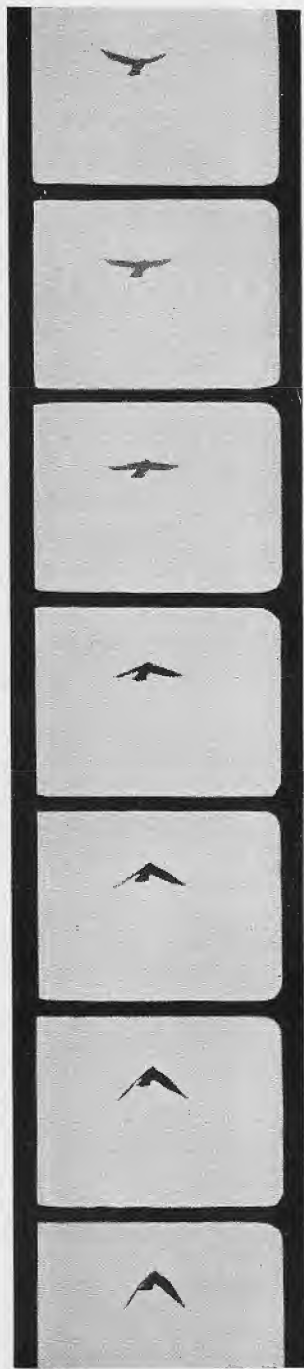
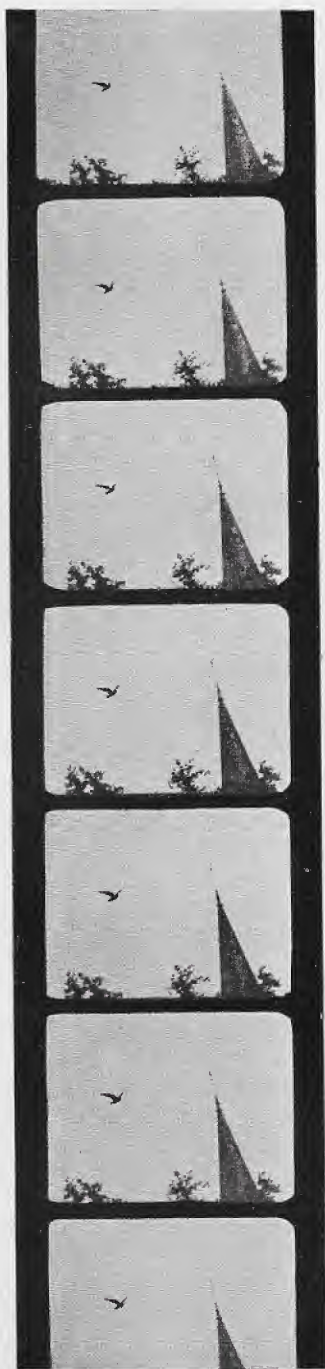
Oggi le *onde corte* corrono il mondo in tutte le direzioni. Dal 7 ottobre 1926 segue ininterrotto il servizio fra l'Inghilterra e il Canadà per sette giorni della settimana, senza interruzione neppure di notte. È stata raggiunta l'alta velocità di trasmissione di 1250 lettere al minuto in ciascuna direzione e per varie ore di seguito. La velocità media di trasmissione nei sette giorni è di 650 lettere al minuto per ciascuna direzione, e cioè 1300 lettere al minuto sul circuito completo.

Dal marzo 1927 agisce la comunicazione a onde corte con l'Australia (20.000 chilometri) dal maggio dello stesso anno quella col Sud Africa, dall'agosto con le Indie. È l'inizio della grande rete imperiale inglese, la *Empiradio*, che il Governo britannico ha commesso alla inglese *Compagnia Marconi*. È dal marzo del 1928 l'accordo fra la « Eastern », la grande Compagnia dei cavi sottomarini, con la « Marconi ». Sorge dall'unione la *Holding Company* con 53.700.000 sterline di capitale...

Anche l'Italia non è rimasta indietro. La stazione di San Paolo di Roma, costruita nel 1917, è oggi il centro delle comunicazioni

con tutte le navi italiane che corrono i mari del mondo. Ricordiamo i preziosi servizi che ha reso nelle malinconiche giornate della spedizione Nobile al Polo Nord. L'Italia possiede una vasta « rete coloniale » che data dal 1910. Non dimentichiamo ch'essa

Il fucile cronofotografico di Marey (1882) per fotografare il volo degli uccelli. (Pag. 308 e 310).

resterà come il primo tentativo di vasti collegamenti coloniali. Solo più tardi fu seguita da quella tedesca. La nostra grande rete coloniale cominciò con le stazioni di collegamento fra Coltano e Massaua per 3800 chilometri e fra Mogadiscio e Coltano per 5500 chilometri, con le comunicazioni interne in Eritrea e Somalia. Si estese nel 1917 a Tripoli, Bengasi e Rodi. Le « onde corte » vengono nel 1924 applicate alla grande stazione centrale di San Paolo-Roma, in

Film del volo di un colombo preso col fucile cinematografico di Marey.

Eritrea, in Somalia e ad altre reti. In tal modo, dal 1925, la nostra rete coloniale si può ormai dire completa. È singolarmente importante la rete interna della Somalia, che comprende oltre trenta stazioni, primo esempio di un paese intero collegato interamente da telegrafo senza fili. E paesi quasi naturali: con grandi boscaglie selvagge, piene di fiere, e dalla civiltà ancora primitiva. Sono di fronte, in questa nostra vasta regione, la natura selvaggia con l'ultima parola della civiltà moderna!...

Possediamo un ottimo centro di studi relativi nell'*Istituto elettrotecnico e radiotelegrafico* della R. Accademia navale di Livorno e nella Direzione centrale di Roma con le sue stazioni di San Paolo e di Monterotondo. Si collegano con questi altri Istituti, fra i quali non possiamo dimenticare l'*Ufficio Centrale di Meteorologia* di Roma diretto da L. Palazzo con l'annesso *Ufficio Presagi* guidato da Filippo Eredia.

Diciamo pure che mentre stiamo scrivendo si sta preparando a Roma la inaugurazione della nuova grande Stazione radiofonica della nostra capitale, che sarà la più potente d'Europa. Con una potenza d'antenna di 50 Kw. (e cioè diciassette volte maggiore della primitiva) essa, affidata all'*Ente Italiano per le Audizioni Radiofoniche* (E. I. A. R.), diffonderà in tutta la penisola e all'estero i nostri canti, le notizie, gli ammaestramenti, specie nei centri rurali, della grande vita italiana che ogni giorno più ascende e si rinnova di novelle energie.

***

Ci siamo così fatti padroni — per merito di Guglielmo Marconi — anche delle « onde corte » le quali sembrano chiamate a grandi destini per la nostra civiltà scientifica di domani. Quando, nel novembre del 1926, Marconi ebbe terminato di parlare di esse così concluse: « Quanto ho avuto l'onore di esporvi sarà presto sorpassato da chi studierà di carpire nuovi segreti alla natura, la quale, spesso, sconvolge tutte le leggi e tutte le teorie che le nostre imperfette cognizioni ci suggeriscono ».

Che cosa ci diranno un giorno le onde corte?... Sappiamo intanto ch'esse, una volta lanciate, percorrono sino a cinque volte tutto

il contorno della terra, ritornando sempre al punto di partenza, con potenze elettroniche cinquanta volte inferiori a quelle occorrenti per le grandi onde di trecento e più metri. E tante altre cose sappiamo o, per lo meno, crediamo di sapere su di esse. Ma quante non ne sappiamo?...

È un nuovo enimma quello ch'esse sono oggi venute a sottoporre agli studiosi.

Ed anche qui possiamo schiettamente farci una domanda: noi ci siamo fatti padroni, con i nostri apparecchi radio portati ormai alla perfezione, di queste onde; ma che sappiamo del trapasso di energia dagli aerei a quell'ignoto che fu chiamato *etere?* che sappiamo come questa energia viaggi e si propaghi? che sappiamo, in fondo, che cosa queste onde, che ormai c'è dato convogliare per i nostri bisogni, nascondono intimamente nella loro natura?...

⁂

Noi uomini viviamo dunque così in mezzo alle radioeffusioni. Esse vengono a noi dagli spazi lontani, portandoci tutte le voci e i colori del mondo, penetrano entro il nostro corpo, si rendono percettibili al nostro cervello mediante i sensi dell'udito e della vista sotto forma di suoni e di luce. Ma finiscono esse, una volta penetrate nel nostro cervello? O non sono ribattute novamente lontano sotto forma di altre radiazioni che cominciamo a sospettare ma che finora ci sono ignote?...

Questo è il problema che in questi nostri giorni affatica molti studiosi.

Ci si domanda:

— Anche il pensiero non è forse vibrazione? Quello che le nostre menti elaborano sotto forma d'idea non rientra forse nella grande ondata che circola nell'universo? E non forse ogni pulsazione del nostro cervello — che si tramuta in idea — può correre sotto forma di onda e diffondersi nell'universo?...

E la domanda può correre oltre:

— E queste onde che partono dal nostro cervello non possono forse essere percepite da altri lontani senza vederci, senza ascoltare il movimento vibrante nello spazio delle nostre voci?...

Il concetto, rispondiamo, non è nuovo. In tutti i tempi si è creduto alle radiazioni umane. Nell'antico occultismo d'Oriente la forza vitale era chiamata *prana*, col quale nome si voleva indicare un'energia ch'è proiettata nello spazio a somiglianza della luce solare, del calore e dell'odore di un fiore (1).

Nei tempi moderni — dopo il trionfo delle teorie elettriche — è nata, già dicemmo, la *elettrofisiologia*, il cui nome spiega il suo obbiettivo. Sono stati escogitati strumenti per studiare e misurare le emanazioni di cotesta energia umana. Ricordiamo il *biometro* di Lucas, il *magnetometro* di Fortin e Baraduc, lo *stenometro* del Yoire. Ma quasi tutti questi strumenti non sono che galvanometri, e non possono, data la loro riconosciuta incostanza, avere un valore strettamente scientifico.

Secondo Baines e Bowman l'azione fisiologica è associata sempre con fenomeni elettrici, che sono dimostrabili con un galvanometro molto sensibile. Nel 1914 i due dottori pubblicarono i risultati di almeno trent'anni di ricerche elettropatologiche e terapeutiche.

Ma dobbiamo all'americano dott. George Starr White un primo metodo di studi razionali sopra l'energia vitale umana considerata sotto gli aspetti elettronici moderni. Le sue opere fondamentali furono pubblicate nel 1918-1924. Il White è noto specialmente pel suo metodo di diagnosi delle malattie, da lui chiamato *biodinamo cromatico*, e che si basa sopra l'influenza dei colori sull'energia umana, secondo le diverse malattie. Ma per noi, ora, sono interessanti le sue esperienze sopra il trapasso d'energia umana, mediante fili metallici (di alluminio) da un soggetto all'altro. Il White riuscì anche, impiegando apparecchi speciali, a condurre energia vitale senza fili a notevoli distanze. Egli ci afferma di non essere riuscito mai ad ottenere alcuna emanazione di forze da animali morti, e che il tessuto malato offre al passaggio della corrente elettrica una resistenza diversa secondo le diverse malattie. Trovò inoltre che le radiazioni del corpo vengono deflesse in modo diverso secondo che il soggetto è rivolto verso il *nord* o *sud*, oppure verso l'*est* o l'*ovest*, subendo così l'influenza magnetica.

---

(1) Vedi N. BRUNORI, op. cit. nel capitolo primo.

Anche il dott. Osterhont ha compiuto importanti studi relativi ai tessuti viventi al passaggio della corrente elettrica.

Secondo questi studi recentissimi, come tutto l'universo è fatto di sistemi elettrici, è da credere che anche il corpo animale sia fatto di sistemi elettrici, e che ciascun sistema possieda la propria polarità.

Giornalismo a 2000 metri.

I reporters inglesi radiotelefonano ai loro giornali le vicende di un viaggio aereo.

Quando questi sistemi sono in equilibrio elettrico o magnetico fra di loro il corpo è in istato di salute. Ma quando qualsiasi sistema del corpo venga disturbato in modo da determinare cambiamenti di polarità, allora si produce uno squilibrio in quel particolare sistema, con ripercussione più o meno accentuata nell'intero sistema. La malattia di un organo o tessuto sarebbe quindi determinata dall'alterazione della polarità, o « rata vibratoria » dello stesso.

Il nostro organismo nervoso — ci dice il dott. Brunori — può essere rassomigliato ad un sistema telefonico, di cui il cervello è

l'ufficio centrale, i gangli le sotto-stazioni. Esso è il più accurato registratore dell'energia esterna a noi.

Datano dal 1920 gli studi del dottor Walter I. Kilner sull'*aura* o *atmosfera umana.* Egli, dopo anni di investigazioni e di esperimenti, crede di poter provare scientificamente che il corpo umano possiede *un'aura visibile,* che cambia, nella sua forma, grandezza e calore, secondo le diverse condizioni di età, salute e stati d'animo. Quest'aura può essere influenzata dall'elettricità e, benchè sia ancòra prematuro poter dire esattamente in che cosa essa consista, il Kilner crede si tratti di un fenomeno connesso con emanazioni ultraviolette. Egli ha pure trovato che quest'*aura* può rendersi visibile all'occhio nudo per mezzo di certi schemi chimici. Ci dice anche come il nostro occhio, una volta allenato, può vederla senza più bisogno alcuno di questi schemi. Il dott. Kilner ci afferma che per mezzo del colore, grandezza e costituzione di quest'aura è possibile diagnosticare, con molta correttezza, la condizione di salute o di malattia del soggetto.

Questo si connette con le comunicazioni fatte ultimamente dal, per noi assai noto ormai, I. L. Baird ai giornali sulla « luce invisibile umana » da lui studiata. Riferiamo dal *Daily Mail* di Londra:

« Un individuo, situato nella completa oscurità, si trova, senza accorgersene, avvolto in un fascio di radiazioni assolutamente impercettibili all'occhio, e i suoi movimenti — anche i più piccoli — sono riprodotti su di uno schermo in una stanza contigua. Per giungere a questo risultato, l'inventore utilizza le proprietà dei raggi infrarossi dello spettro solare ai quali l'occhio è insensibile, ma che hanno un'azione chimica e fisica molto energica. Nelle sue prime esperienze di televisione, l'ing. Baird doveva collocare il soggetto sotto un fascio di luce accecante; cercando di ridurre quella luce, ne collocò la sorgente dietro i filtri che eliminavano questa o quella radiazione. Furono i primi risultati, ottenuti in questo modo, che lo condussero a mascherare del tutto, in apparenza, la sorgente di luce, e l'apparecchio funzionò ugualmente. La luce invisibile era trovata. Le radiazioni infrarosse proiettate da un riflettore sull'individuo o sull'oggetto di cui si vuole avere immagine, sono raccolte da una linea convergente nello stesso modo che le radiazioni lu-

minose, e agiscono sulla camera fotoelettrica, che l'inventore utilizza per la trasmissione delle immagini ».

Il redattore del *Daily Mail* conferma che trovandosi in una camera perfettamente oscura ha potuto essere veduto da un collega, situato in altra camera vicino, in tutti i suoi atteggiamenti: ridere, alzare le braccia, camminare...

Ritornando al dott. Kilner egli ha diviso in tre parti l'aura luminosa che circonderebbe il corpo umano. Una prima parte di essa sarebbe costituita da uno spazio oscuro e trasparente che aderisce al corpo e che talvolta può essere riempito od influenzato da un secondo strato. Esso misura mezzo centimetro in larghezza, viene dal Kilner chiamato « doppio eterico » e varia, come misura, nelle diverse persone e talvolta anche nella stessa. Una seconda, detta « aura interna » è la più densa e segue le linee del corpo. Essa appare esterna al « doppio eterico » ma talvolta sembra che sia in contatto diretto col corpo stesso; è larga da 4 a 7 centimetri; la sua struttura consiste di finissimi grani disposti in modo da dare l'apparenza di strie, parallele le une alle altre, disposte ad angolo retto relativamente alla superficie del corpo, senza un colore intrinseco. E finalmente l'« aura esterna », posta al di fuori della precedente, molto incostante nella forma e in larghezza. Non ha contorni ben definiti, ma si perde gradatamente nello spazio. Consiste in una nube amorfa, capace di essere illuminata, ma non è auto-luminosa nel senso ordinario della parola; i colori le vengono comunicati dall'aura interna (lievemente rosea). Essa subisce l'influenza della corrente statica, che agisce in modo da renderla più larga ([1]).

Secondo il Kilner l'origine delle forze che costituiscono queste « aure » non sono ancòra determinate: egli le chiama *sui generis*, denominandole *forze auriche*, e le considera come connesse intimamente col sistema nervoso centrale.

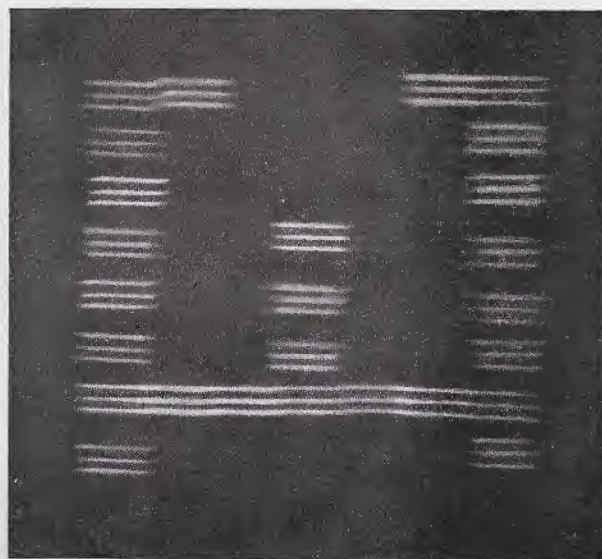
Diciamo però anche che questi studi del Kilner hanno molto bisogno ancòra di essere confermati.

([1]) Vedi BRUNORI, op. cit., pag. 267.

***

Di Georges Lakhovscky ci siamo occupati, per le sue « teorie solari » sull'origine della vita, nel nostro primo capitolo. Egli nel 1924 ci ha dato uno studio sulle « Radiazioni ad alta frequenza e gli esseri umani » che ha poi raccolto nel suo volume, da noi citato, *L'Origine de le vie — La radiation et les êtres vivants* (1925). Egli ci dice che « ogni essere vivente emette radiazioni e che la maggioranza degli esseri viventi, eccetto forse qualcuno, sono capaci di ricevere queste onde ». Ci dice pure come ogni « essere volante » e cioè capace di allontanarsi dalla terra — uccelli e insetti alati — possiede una grande possibilità di *emissione* e di *recezione* delle onde, mentre che gli animali attaccati per loro natura alla terra hanno una capacità di emissione e di recezione infinitamente meno considerevole. La luce solare — afferma Lakhovsky — influisce su queste onde come fa sulle onde hertziane. Per questo certi uccelli ed insetti, a recettività diminuita, viaggiano e si nutrono la notte, allorchè gli altri, a recettività più sviluppata, lo fanno di giorno.

E ne trae una quantità di deduzioni sulla loro facoltà di orientazione e nel loro istinto d'emigrazione. Spiega pure come gli uccelli riescano a procurarsi la *tensione elettrica* necessaria per compiere i loro grandi voli, avvicinandosi o allontanandosi dalla terra. Grazie a questo modo di regolarsi — egli ci dice — l'uccello forma esso stesso con il suolo un vero « condensatore ad aria variabile » e diviene un *apparecchio completo di T. S. F.* I canali semicircolari che comunicano col suo cervello assumono, sotto l'influenza della elettricità, la parte del quadrante recettore. Alla stessa maniera che per ricevere in Francia le onde emesse in America l'operatore deve regolare la capacità di recezione del suo apparecchio di T. S. F. avvicinando o allontanando l'antenna dalla terra, così l'uccello migratore regola la sua capacità elettrica avvicinandosi o allontanandosi dal suolo!

Il Lakhovsky cita a sostegno della sua tesi una curiosa esperienza comunicatagli dal dott. Corret: « Un mattino, sul principio di luglio, si è fatta una curiosissima esperienza con dei piccioni viaggiatori, alla posta radiotelegrafica di Paterna, presso Valéncia (Spa-

Lettere trasmesse con il sistema Rignoux e Fournier.
A sinistra: la lettera da trasmettere. — *A destra:* quella trasmessa veduta sullo schermo.

gna). Si sono lasciati liberi alcuni di questi uccelli in vicinanza del pilone, nel momento in cui si trasmettevano dei messaggi, e si è osservato che gli uccelli, sotto l'influenza delle onde elettriche, perdevano il senso della direzione, descrivendo dei cerchi, completamente disorientati. Le prove furono ripetute, e sempre con gli stessi risultati, ciò che indica che il senso di direzione dei piccioni viaggiatori veniva distrutto dall'influenza delle onde elettro-magnetiche ».

E viene infine a queste conclusioni: « Dopo le mie esperienze e le investigazioni fatte, sono convinto che la vita è nata dalla radiazione, mantenuta dalla radiazione, e soppressa da qualsiasi accidente che provochi uno squilibrio oscillatorio, specialmente per mezzo delle irradiazioni di certi microbi, che annullano quelle delle cellule più deboli. I nostri organismi sono formati da cellule composte di protoplasma contenente diverse materie minerali e acide, tali come il ferro, il cloro, il fosforo, ecc. È a causa della combinazione di questi elementi che le cellule possono essere influenzate dalle onde esterne, e vibrar alla loro volta in maniera permanente ad una altissima frequenza, probabilmente più elevata di quella dei raggi X, e di tutte le radiazioni osservate e misurate fino ad ora ».

A questo punto dobbiamo ricordare gli studi fatti — verso la metà dell'ottocento — da quel barone di Reichembach che ai suoi giorni (si era in pieno così detto positivismo scientifico) non solo non furono presi sul serio ma coperti di ridicolo.

Racconta dunque il Reichembarch, fra i tanti altri fatti che cita, di un ufficiale tedesco il quale trovandosi ammalato, verso il 1850, in una notte oscurissima non potendo dormire si accorse con sua grande meraviglia che tutti i corpi di metallo che si trovavano nella sua camera, come i cardini delle porte, le guarnizioni metalliche dei mobili, apparivano visibili. E constatò ch'essi mandavano un debolissimo bagliore tale che li faceva apparire come cose lucenti da per sè. Il Reichembach fatto tesoro di questo e d'altri fatti venuti a sua cognizione, dopo molte esperienze, venne nella convinzione che ogni corpo, in virtù « della propria dinamica molecolare » così egli spiegò, è luminoso di luce propria. Luce però, diceva il dot-

tore, che non è a tutti percettibile ma solamente ad una classe d'individui, dotati di una sensibilità delicatissima, ch'egli chiamò appunto *sensitivi*. E con l'aiuto di questi venne a formulare la sua teoria « come tutta la materia sia per propria virtù luminosa » e d'una luce che varia d'intensità e di colore a seconda dei corpi. Così egli trovò poco luminosi i corpi fibrosi, quali il legno e i cotoni,

Il *Prassinoscopio* del Regnaud (1877).

più luminosi i corpi minerali, i cristalli, il quarzo, il gesso; luminosissimi i metalli i quali emanano, dice, ciascuno una luce differentemente colorata: rosso incandescente il rame, turchino lo stagno, il piombo e il palladio, bianchi candidi l'argento, l'oro, il platino, il cadmio, rosso l'arsenico... Il Reichembach dette a questa luminosità naturale dei corpi il nome di luce *Od*, facendolo derivare dalla parola teutonica Wotan, il nome del classico dio, e che significa *cosa tutto penetrante*, e da Odin il sovrano degli dei tedeschi.

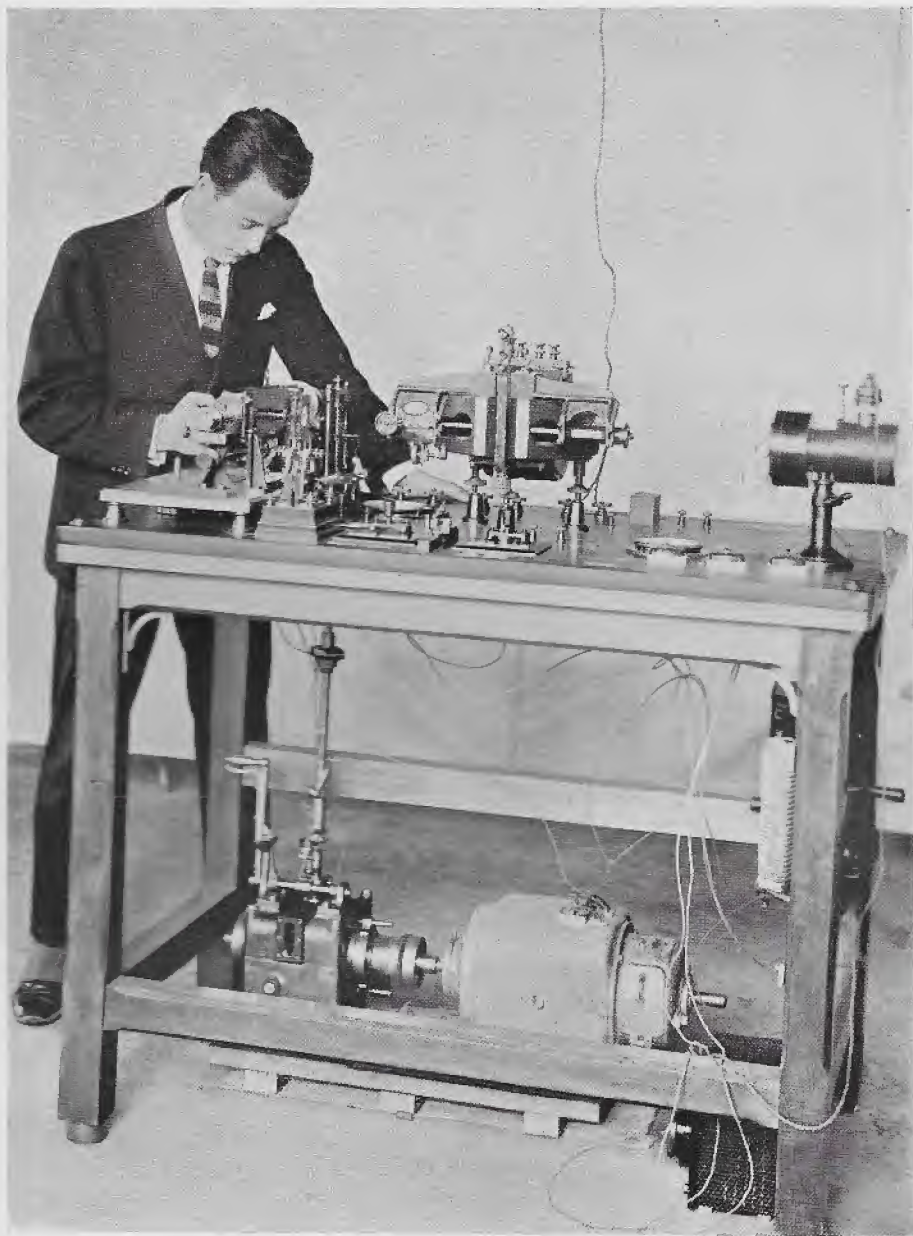
Ma Reichembach non si fermò ai corpi inanimati. Ogni essere vivente, diceva egli, emana del pari una luce propria, la quale varia

da l'uno all'altro. Ognuno di noi ,chiuso in ambiente scurissimo, ove non possa penetrare nessuna radiazione dal di fuori, si copre di una leggera aureola fluttuante, che diviene chiaramente percepita da quegli individui da lui chiamati *sensitivi*...

Come si vede, il dott. Reichembach, il quale ai suoi tempi fu ritenuto come un visionario, fu un precursore del White, del Kilner, del Lakhovschy, del Baird dei quali abbiamo accennato le esperienze.

***

Ultimamente (23 novembre 1928) la « Società di ricerche psichiche » di Londra faceva diramare a tutti i giornali del mondo dall'*International News Service* i risultati degli esperimenti da essa intrapresi per la trasmissione del pensiero a distanza. Cinque persone, appositamente scelte, erano riuscite (a detta del comunicato) a trasmettere la descrizione mentale di vari oggetti comuni sui quali avevano concentrata la loro attenzione ad altri individui lontani molte centinaia di chilometri dal centro di trasmissione.

A parte i volgari trucchi da circo della divinazione del pensiero e simili, sembra esistere realmente una trasmissione mentale per vie che finora ci sono ignote. Chi ora scrive ricorda perfettamente una seduta sperimentale offerta a Genova, verso il 1900, ne' locali del giornale *Caffaro*, da un giovane negro americano, sensibilissimo. I saggi dati da questo singolare soggetto furono veramente impressionanti. Assistette a queste sedute il prof. Enrico Morselli, il celebre psichiatra, professore alla R. Università di Genova, il quale ne dette una relazione sopra un Bollettino scientifico. Chi scrive ricorda questi fatti. Ciascuno di noi suggeriva mentalmente al negro una azione da compiere, la quale veniva immediatamente eseguita fedelmente. Ricordo questa. Siccome le sedute si tenevano di sera tardi, nella saletta ove esse avevano luogo era accesa la luce elettrica. Ad un tratto vedemmo il negro allontanarsi dalla sala. Dopo qualche minuto la saletta piombò nell'oscurità e con la sala tutti i locali del giornale furono al buio. Che cosa era avvenuto? Il direttore del *Caffaro*, Pietro Guastavino, aveva mentalmente ordinato al nostro soggetto di recarsi in un dato sgabuzzino, ove si trovava il contatore elettrico, guidandolo con la mente nella via da seguire, e di

Il *Telestereografo* del prof. Belin, modello 1922, per le trasmissioni senza filo.

chiudere il circuito. E il negro aveva eseguito puntualmente il comando.

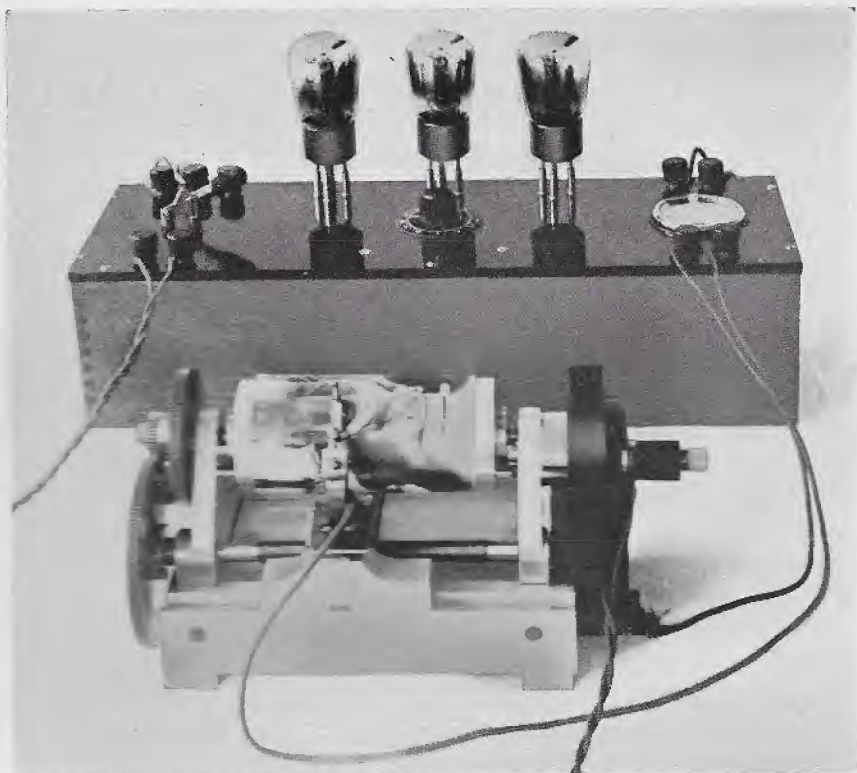
Ricordo pure quest'altro episodio. Ad un certo punto, mentre il giovane negro discorreva tranquillamente con noi, lo vedemmo improvvisamente scontorcersi tutto e mandare un grido di dolore: più che di dolore di ribrezzo. Perchè? Lo sapemmo tosto. Il dott. Morselli, dietro le sue spalle, senza ch'egli se ne avvedesse, gli aveva applicata alla nuca una piccola calamita, uno di que' noti ferri da cavallo verniciati in rosso che servono per attirare la limatura di ferro...

Dobbiamo al dott. Alberto Abrams di San Francisco in California, Presidente della Società Medico-Chirurgica di questa città e del Policlinico Emanuel, una serie di studi sopra questi fenomeni che vengono a costituire un'intera sua nuova teoria, appoggiata sulle ultime leggi elettroniche. Un completo riassunto delle varie opere dell'Abrams possiamo leggerlo nell'opera da noi citata del dott. Nicola Brunori, laureato nel 1903 all'Istituto Superiore di Firenze e che ora esercita molto onorevolmente la sua professione di medico a New York.

L'Abrams deriva, dunque, le sue concezioni dalle più recenti teorie ora in voga sopra la costituzione elettronica della materia ed alla radioattività di ogni sostanza. La vita, egli ci dice, non è che vibrazione. Ogni cellula del nostro corpo è un'unità elettrica dotata di proprietà positiva e negativa, e le molecole rappresentano come un aggregato di pile elettriche. A che si debbono le trasformazioni chimiche che avvengono nel grande laboratorio cellulare che costituisce il nostro corpo? All'energia elettrica. È la potenzialità elettrica delle cellule che ne regola ogni processo fisiologico e vitale. L'equilibrio elettronico costituisce la salute: lo squilibrio caratterizza invece la malattia. I fenomeni normali e patologici dell'uomo e degli animali possono essere interpretati e spiegati con linguaggio elettrico.

È sopra questi postulati fondamentali che il dott. Abrams fonda le sue diagnosi e la cura dei malati che a lui ricorrono. Egli chiama il suo metodo E. R. A. e cioè *Elettroniche Reazioni di Abrams.*

Le sue teorie sono confortate da quelle di molti altri scienziati d'oggi. Il Mathews afferma: « Il corpo umano non è che una bat-

teria con una serie di resistenze e di condensatori, fatto di sostanze conduttrici e di sostanze dielettriche. L'acqua, i sali, il carbone, ossia i composti di carbonio, di cui esso è costituito, formano la *batteria vivente* ». Anche il dott. George W. Crile dell'Università di Cleve-

Il *Belinografo* dell'ing. Belin di Parigi, modello 1928, ricevente una fotografia.

land, uno dei chirurghi più noti degli Stati Uniti e scienziato di larga rinomanza, ha dimostrato con 2670 esperimenti sopra animali, che le cellule sono delle *batterie elettriche*, costruite per lo sviluppo di elettricità e che possono essere operate per mezzo dell'elettricità. Il Lakhovschy chiama la cellula un *risonatore vivente*, e considera la vita come un'*armonia di vibrazioni*: essa può essere alterata

o soppressa da qualsiasi circostanza che provochi uno *squilibrio oscillatorio.*

Nel 1890 il dott. Tarchnoff dimostrò che la periferia del corpo umano è corsa da speciali correnti elettriche, le quali si alterano, subiscono mutazioni per effetto di eccitamenti anche psichici. I dottori Brunzlow e Münster, due tedeschi, hanno ultimamente dimostrato che questi fenomeni elettrici avvengono nei muscoli. Essi hanno costruito persino un istrumento, che hanno chiamato *sismometrografo,* per registrare le reazioni elettriche delle varie parti del corpo umano. Con esso hanno ottenuto molti *sismogrammi* dovuti all'effetto, nel soggetto in esame, di violente sensazioni, come colpi di pistola, la puntura di un ago, e simili, le quali si manifestano con marcate alterazioni della curva segnata dall'indice dell'istrumento sulla striscia di carta in movimento durante l'esperienza. Lo stesso si ottiene procurando al paziente impressioni vivaci psichiche, profferendo cioè parole che lo impressionino, sia pel tono col quale sono dette che per il loro significato. E tutte queste reazioni avvengono sempre inconsciamente, anche contro la volontà del soggetto.

Come si vede la letteratura sulla natura elettrica del nostro essere fisico è ormai abbastanza ricca, e tale da prometterci presto qualche scoperta forse capitale.

Quanto alle « radiazioni umane » sarebbero, secondo il dottor Abrams e gli altri citati, correnti elettriche od onde elettromagnetiche. « L'energia umana è ad alto voltaggio e frequenza » ci dice Abrams « il che ci spiega perchè essa possa manifestarsi attraverso l'aria secca, ch'è uno dei migliori isolanti ».

Quali sarebbero dunque queste radiazioni emesse dagli esseri viventi? — si chiede il Lakhovschy. E risponde: come tutte le altre radiazioni conosciute esse sarebbero caratterizzate dalla loro lunghezza d'onda. In che consistono queste radiazioni? In nient'altro che in radiazioni di luce ordinaria, ma filtrata seguendo uno spettro luminoso speciale, che può venir messo in evidenza dallo spettroscopio.

Ed a questo punto possiamo anche muoverci una domanda audace: arriveranno questi studi novissimi a rivelarci il segreto del cervello umano?... Se, sopra la fredda tavola anatomica, tutti i cervelli degli uomini sono uguali — quello di Newton pari a quello

dell'analfabeta il cui pensiero mai s'è sollevato in vita dalle povere contingenze della sua banale esistenza — certo non può, non deve, così essere nella loro pulsante attività mentale! Qual'è, allora, la sede, dove si rifugia la molla divina e misteriosa che di due cervelli anatomicamente uguali fa l'uomo mediocrissimo e il genio, e ci dà Dante o Keplero, Beethoven o Galileo, il matematico Gauss o Guglielmo Marconi?...

Mistero che forse mai sapremo. Chè se la nova scienza elettronica sapesse dircelo Adolfo Padovan potrebbe aggiungere un capitolo al suo libro sopra l'origine del Genio.

Cervello del celebre matematico e fisico Gauss (1799-1855).

(*Pugliese*).

***

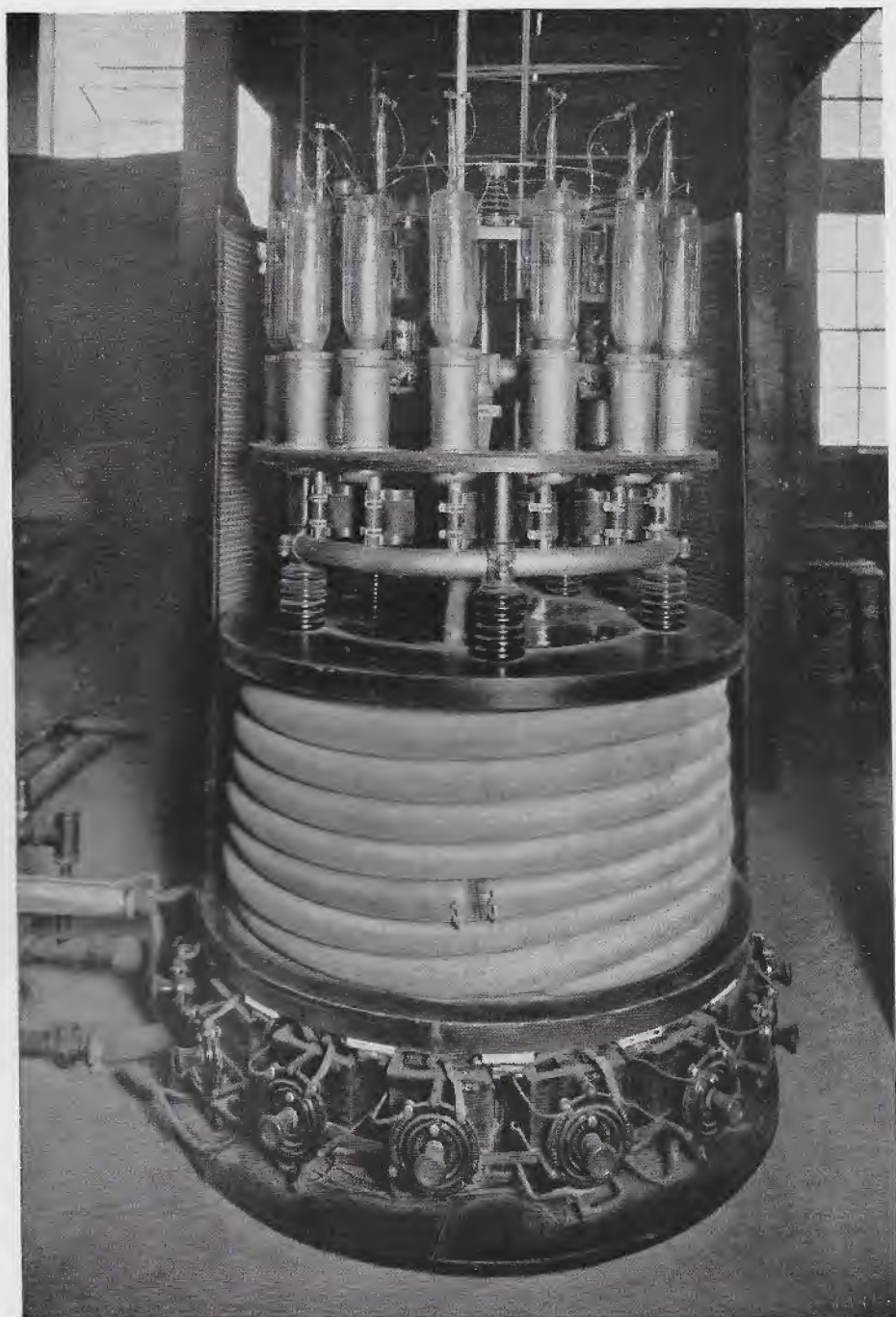
Ed eccoci così alla grande questione con che abbiamo iniziato questo discorso. Il nostro *pensiero* può propagarsi fuori del cervello che lo forma e, sotto forma di onde, essere percepito da altri cervelli ricevitori?...

Ci risponde il Morselli con le sue sottili indagini su quella energia ignota ch'egli chiamò *radioattività-biopsichica-umana* che si manifesterebbe in certe condizioni cerebrali, indagini che il prof. Cazzamalli ha continuato portandole alle conclusioni che sintetizzeremo. Dal soggetto umano — egli ci dice — e specialmente quando si trova in certe condizioni psichiche particolari, irradiano delle oscillazioni elettromagnetiche del tipo delle onde radioelettriche. La sede dei processi psichici è la « corteccia cerebrale » quindi le oscil-

lazioni elettromagnetiche da questa emesse sono le *radio-onde cerebrali*. Esse sono state ricevute con dei ricevitori ad onde corte e cortissime — da 100 a 20 metri e da 10 a 4 metri — e sembrano essere, in parte, onde aperiodiche, cioè a lunghezza d'onda variabile. del tipo delle onde così dette *smorzate* e, in parte, durante il breve momento di recezione, come onde di frequenza fissa, quand'esse interferiscono con onde locali.

Queste *radio-onde cerebrali*, le quali, come si disse, sono messe in evidenza da ricevitori ad onde corte, appariscono dunque dell'ordine delle onde corte e sono di frequenza altissima. Sono state ricevute sotto forma di *treni* d'onde a frequenza audibile: meglio ancòra sotto forma di battiti, quando interferiscono con le onde locali *(eterodinia)*. La scoperta di queste radio-onde, emesse dal cervello umano nell'etere (o nel *mezzo* qual si sia) durante lo sviluppo di certi fenomeni telepsichici farebbe supporre ch'esse possano far parte di una serie di oscillazioni elettromagnetiche di natura svariata, irraggianti in condizioni determinate dal cervello e in relazione con gli effetti da produrre.

Così il Cazzamalli.

Il prof. Skritzki, russo, dell'*Istituto Elettrotecnico* di Leningrado, sarebbe riuscito ad una decisiva constatazione. Egli avrebbe stabilito che l'organismo umano, trovandosi in un campo magnetico, è *capace di ricevere onde elettriche*. La sua scoperta, riferisce, è dovuta al puro caso. Durante alcuni esperimenti per la trasmissione di onde elettriche cortissime, egli constatò che l'avvicinarsi di un uomo ad un ricevitore di sua invenzione, apportava notevoli alterazioni sulle radio-onde. Questo fenomeno si verifica quando l'organismo umano si trova in un campo elettro-magnetico, e si esplica in modo da trasformare le onde ed inviarle al ricevitore. Allora le onde così rimandate sono ritenute dal trasmettitore e rinviate nuovamente al ricevitore. Dalle esperienze — ci conclude il prof. Skritzki — è risultato *che ciascun uomo possiede speciali onde di una determinata lunghezza* la quale dipende da condizioni speciali non ancòra completamente stabilite, e ch'è suscettibile di variazione.

I grandi apparecchi che servono per le radio-trasmissioni da Nova-Yorck a Londra.

***

Verrà il giorno in cui noi potremo raccogliere, disciplinare, convogliare *anche* queste onde psichiche, queste *radiazioni del pensiero*, e trasmetterle a nostro piacimento attraverso lo spazio?...

Ha detto il Richet: la personalità umana ha delle facoltà materiali e psicologiche che *noi non conosciamo*.

Oggi però già sappiamo che il cervello in lavoro emette una energia. Tutto ci porta a credere che questa energia non si consumi sul posto — ma venga irradiata come tutte le altre energie sotto forma di onde.

Il giorno che ci faremo padroni di queste onde per comunicarle ad un nostro simile lontano centinaia di chilometri da noi sarà per l'umanità veramente un grande giorno.

Capitolo Quinto

LA SINTESI DELL'UNIVERSO.

Ci hanno detto che quando i protoni e gli elettroni si uniscono a formare un elemento materiale, e cioè l'atomo di un corpo semplice, si dispongono fra loro in un ordine simile a quello dei sistemi planetari. E cioè che intorno ad un nucleo, che fu paragonato al sole, ruotano seguendo le loro orbite gli altri elementi, come i pianeti appunto ruotano intorno al loro sole centrale.

Noi già dicemmo a suo luogo come questo nucleo nell'atomo appare costituito da uno o più protoni, con una carica positiva alla quale corrisponde il numero degli elettroni a carica negativa, in modo che il valore totale del sistema diventa neutro.

Ora, facendo le debite proporzioni, dato che la distanza dagli elettroni dal nucleo centrale sono per noi infinitesimali, l'aspetto che questo piccolissimo sistema planetario assume fa realmente pensare all'altro grandissimo del quale noi con la nostra terra facciamo parte. E il paragone viene rafforzato quando in una notte stellata contempliamo la volta celeste col suo ammasso di astri, rotanti, che nel loro complesso assumono veramente alla nostra vista l'apparenza di una immensa *materia cosmica* che sappiamo essere in continuo movimento.

La visione del quadro di questo grande « atomo celeste », quale ci viene fatta dagli elettronisti, è quanto mai suggestiva.

Considerando dunque il sistema solare come un atomo ingrandito, il sole rappresenterebbe il nucleo positivo e i pianeti gli elettroni. Difatti si conosce che il sole deve avere una carica positiva

mentre la terra l'ha negativa. Se consideriamo poi le masse dei grandi pianeti possiamo fare i relativi rapporti con il piccolo atomo di materia. La massa del pianeta Giove, ch'è circa un millesimo di quello del sole, può corrispondere alla massa dell'elettrone rispetto all'atomo di idrogeno. La somiglianza aumenta se consideriamo il rapporto della terra al sole. La massa terrestre è trecentoventiquattro mila volte minore di quella del sole, ch'è lo stesso rapporto di un elettrone all'atomo dei metalli pesanti.

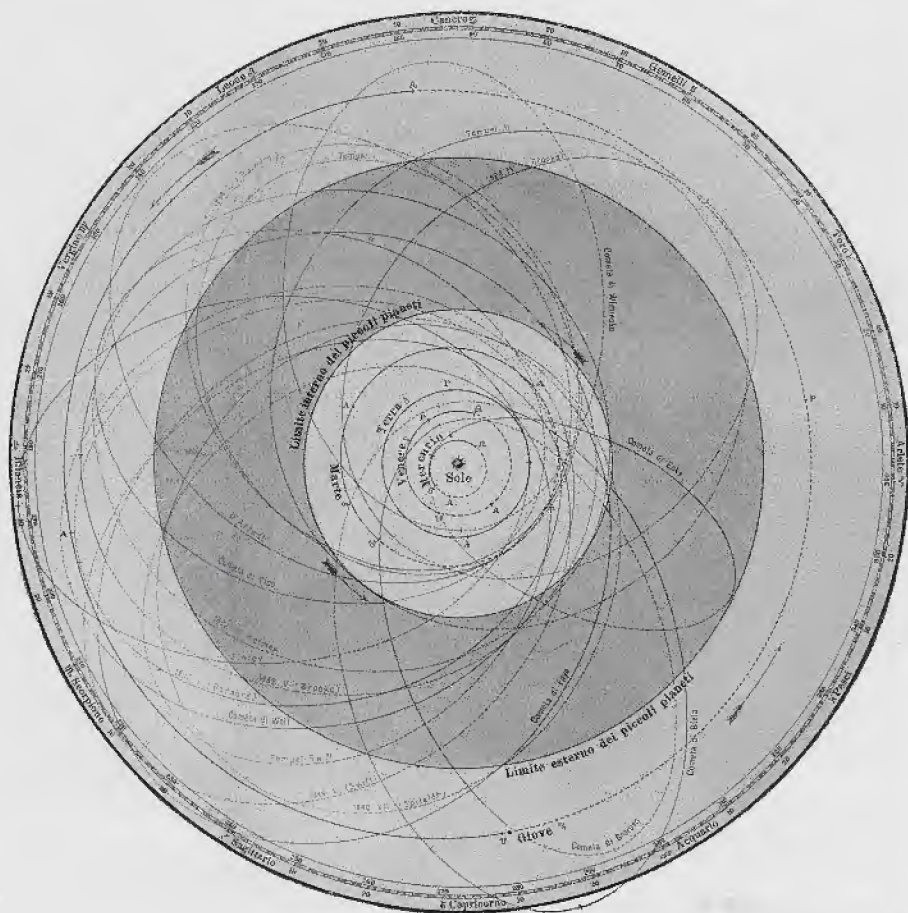
Possiamo anche ammettere che la carica elettrica positiva del sole controbilanci le cariche negative dei pianeti. Ed allora il sistema solare verrebbe a rappresentare un atomo neutro. Dato questo, se un altro sistema, del pari neutro, si avvicinasse al nostro in modo da strappare il pianeta Nettuno alla dipendenza del nostro sistema, si avrebbe un esempio della combinazione di due atomi. Sarebbe lo stesso processo che avviene fra un atomo di mercurio e un atomo di cloro!

L'universo visibile può essere paragonato ad un gas piuttosto che ad un liquido o a un solido. Ma la *Via Lattea*, che ci appare fornita di una straordinaria consistenza, se potesse venir ridotta a dimensioni accessibili ai nostri sensi, ci darebbe l'apparenza di un metallo.

Ma c'è di più. Il numero delle stelle che costituiscono il grande sistema siderale al quale noi apparteniamo con la nostra terra ammonta all'incirca a due miliardi. Ora il più piccolo brano di materia esaminato al microscopio non contiene mai meno di un centinaio di milioni di atomi. Possiamo quindi ritenere che se l'universo visibile, il cui limite esterno è la Via Lattea, fosse ridotto nelle stesse proporzioni del rapporto fra la terra e un elettrone, rassomiglierebbe molto a un corpuscolo del sangue umano e conterrebbe pressochè lo stesso numero di atomi.

Un gigante immenso che potesse misurare le masse, le velocità e le cariche elettriche delle stelle e dei pianeti, che naturalmente chiamerebbe atomi ed elettroni, li vedrebbe come il nostro fisico d'oggi vede queste infime particelle dei nostri corpi materiali. Potrebbe classificare i vari sistemi solari in relazione alle loro masse e stabilire determinate « affinità chimiche » fra i sistemi di massa differente. Potrebbe trovare che le masse, ch'egli chiamerebbe i « pesi atomici »

La « materia cosmica » quale ci appare nelle belle notti stellate.

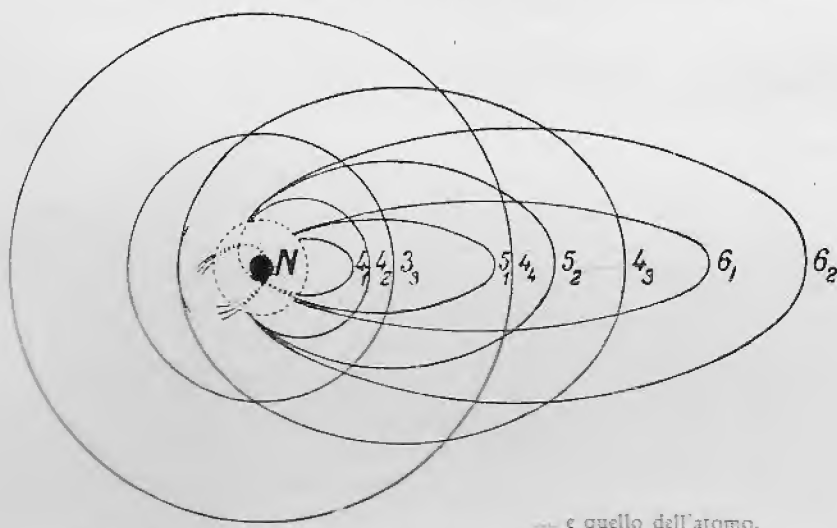
influenzano in modo determinato le affinità e le caratteristiche chimiche. Potrebbe avvicinare fra loro i sistemi solari portando un certo

Il nostro sistema planetario solare...

numero di pianeti ad errare liberamente fra le stelle fisse: ed avrebbe così costruito un « conduttore ». Ma potrebbe fare anche questo: far rotare in uno stesso piano le orbite dei vari sistemi solari, ottenendo un « campo magnetico » di potenza enorme!

Riducendo l'universo visibile ad una scala che lo portasse alle dimensioni microscopiche dell'atomo, si vedrebbe Nettuno avere una frequenza pari a quella di certe onde della luce infrarossa e Mercurio quella delle onde ultraviolette.

Presentato all'analisi spettrale il nostro sistema solare così ridotto mostrerebbe uno spettro molto simile a quello di un elemento chimico!

Viceversa ingrandendo il mondo microscopico degli atomi con

... e quello dell'atomo.

È il piccolo sistema dell'atomo del potassio. N è il nucleo intorno al quale, sulle loro orbite, ruotano 19 elettroni.

i loro elettroni alla scala del sistema solare si potrebbero fare interessanti constatazioni. Un atomo di ossigeno ci mostrerebbe i due elettroni che sappiamo costituirlo, pari con grandissima approssimazione ad Urano e Nettuno. La nostra terra potrebbe venir paragonata ad uno degli elettroni più strettamente uniti all'atomo, data la sua distanza dal sole, e girerebbe intorno al nucleo in un periodo che corrisponderebbe al nostro anno.

L'elettrone allora potrebbe apparirci come un vero *microcosmo*, un piccolo mondo nel quale la vita non può differire molto da quella che si esplica sulla terra.

***

Ma in questo mondo lo spazio ed il tempo si ridurrebbero in una stessa proporzione costante ed uniforme.

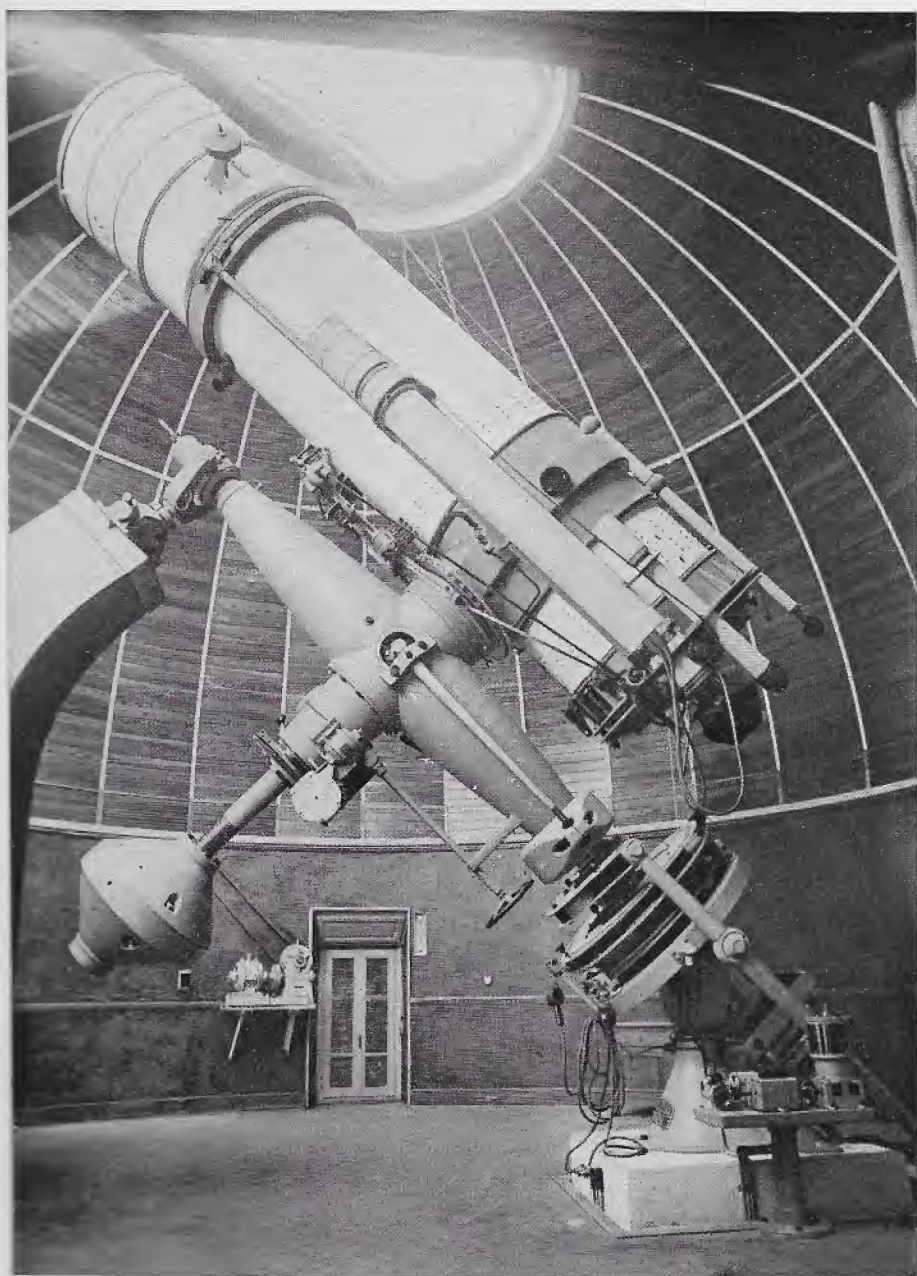
I nostri strumenti di misurazione — trasformati naturalmente in proporzione — non potrebbero più indicarci i mutamenti delle grandezze nè quelli del tempo. E la cosa ci direbbe come le dimensioni di grandezze e lo spazio di tempo sieno relative: giacchè esse dipendono dal paragone con le unità di misura. Se tutte le quantità, comprese queste unità di misura, venissero ridotte nella stessa proporzione, od anche se tutte le cose subissero una eguale accelerazione od eguale ritardo, noi non percepiremmo più alcun cambiamento!

Se un essere intelligente potesse passare a vivere dal suddetto *microcosmo* al mondo attuale nel quale viviamo noi, mantenendo qualche relazione con quel suo mondo di prima, la sua fugace apparizione fra noi apparirebbe agli abitanti del *microcosmo* come una eternità immutabile! Poichè per misurarne il cambiamento occorrerebbero milioni di anni...

Un audace calcolo ha valutato il rapporto fra i due sistemi: quello solare e quello dell'atomo. Esso sarebbe rappresentato da un numero formato da 43 cifre... E l'uomo — secondo la coraggiosa ipotesi — varrebbe all'incirca i *due quinti* di questo intervallo che separa l'infinitamente piccolo dall'infinitamente grande!...

Questo è il quadro che concretizza la concezione dell'atomo-solare quale fu intraveduto dagli elettronisti convinti dei primi anni di questo nostro novecento, dall'inglese Fourier d'Albe al danese Niels Bohr, e ripresa da altri più recenti.

Per millenni gli antichi hanno contemplato l'Universo sidereo come una luminosa statica architettura: noi oggi lo guardiamo come un meraviglioso Tutto dinamico, in perpetuo cammino e rinnovamento, legato in tutte le sue parti, dal microscopico granulo terrestre all'immenso globo lanciato nello spazio, da un'armonica legge comune: *i cicli d'esistenza.*

Il radio ci ha detto che la materia non è immobile. Esso ci ha rivelato che la radioattività ha la missione di disgregare gli atomi dei corpi per formarne dei nuovi, e siccome la radioattività si ritiene

Il grande obbiettivo telescopico dell'Osservatorio di Merate (Milano).

ormai un carattere comune a tutto quanto esiste, essa avrebbe dunque il compito nell'universo di tornare allo stato primitivo tutto quanto era « aggregato » e che cioè viveva, per ricostruire nuovi « aggregati » e cioè nuove vite. Con altre parole *tutta* la materia ch'empie l'Universo, dopo aver compiuto il suo ciclo evolutivo, si disgrega, muore, cessa di essere materia costituita. La vita, in tal modo, sarebbe uguale per tutto quanto è: nasce, vive, muore e si rinnova.

È interessante andare a ricercare come questo concetto abbia dominato nell'antichità. Da Talete il matematico pel quale tutta la meccanica dell'universo si riduceva ad un unico principio « materiale » dal quale provengono tutti gli enti, i quali compiuta la loro opera vitale si corrompono e cessano di essere, mentre il *principio* resta eterno, ad Anassimandro il quale, riprendendo ed astraendo sempre più la teoria di Talete, vedeva una « materia infinita ed eterna » nonchè indeterminata, nella quale tutte le cose « determinate » fanno ritorno risolvendosi in essa ed in essa annullando la loro particolare personalità, considerando quindi l'universo, quale lui e noi lo vediamo, come l'ultima delle successive ed alternate formazioni e quindi distruzione dei mondi, arriviamo ad Anassimene. Egli, scolaro di Anassimandro, materializza e relativizza la « materia indeterminata » del maestro, che secondo lui è l'aria. Di quale sostanza sono fatte le piante, gli animali, l'uomo? « Vengono dall'aria — rispondeva Anassimene — essi altro non sono che *aria condensata.* Dove vanno essi quando la morte discioglie i vincoli ond'erano strettamente avvinti e lor dava l'esistenza passeggiera? Essi ritornano all'aria ». Il concetto fu ripreso più tardi da altri ed in tutti emerge la concezione di uno stato « transitorio » di tutto quanto esiste il quale, compiuta la sua opera, ritorna allo stato primigenio d'indeterminatezza o di sostanza imponderabile ed infinita (l'etere, poi più tardi, di Thompson).

A questo punto non è inutile ricordare l'antichissimo sistema Sankhaya, che viene considerato come il più remoto dei sistemi filosofici indiani, dovuto al saggio Kapila, del quale però ben poco si sa con sicurezza.

Nella dotta esposizione che ne fa Piero Martinelli (pubblicata nel 1896) noi possiamo leggere come l'universo sia costituito dai tre elementi fondamentali detti *gunas*, i quali « debbono essere consi-

derati come tre costituenti sostanziali della Natura ». Essi hanno la facoltà di unirsi e di separarsi, e Kapila li chiama *sattva* (piacere), *rajas* (dolore), *tamas* (indifferenza). Essi sono di natura opposta, ma combinano la loro azione sì da produrre un determinato effetto, come — spiega il filosofo indiano — fanno l'olio e lo stoppino che pur essendo avversi al fuoco nondimeno uniti insieme entrano con esso in connessione e producono nella lampada la luce. Ma anche nel cooperare ad un fine — aggiunge il saggio — l'azione loro varia continuamente. Ed ora leggete questo brano: « Dal loro stato di equilibrio perfetto risulta la Natura nella sua fase di indistinto (periodo della dissoluzione universale). In questo stato i tre *gunas* si trovano dappertutto in una combinazione perfettamente uniforme ed equilibrata; in nessun luogo prevale l'uno o l'altro... Dalla rottura invece di questo equilibrio risulta la creazione. Nella creazione la costituzione perfettamente uniforme si altera; si formano come dei punti di concentramento di ciascuno dei tre elementi i quali si combinano in proporzione varia sottentrando l'uno all'altro e sopraffacendosi a vicenda l'un l'altro. *E così dalla varietà delle loro combinazioni* risulta la varietà del mondo sensibile ».

Il lettore sagace non potrà non notare la curiosa intuizione de' tre elementi costituenti l'atomo secondo l'odierna teoria elettrica, l'elettrone e l'elemento neutro, cioè non influenzato, chiamato dai nostri fisici raggio *gamma*. Come pure vedrà adombrata la famosa teoria di Laplace sul concentramento della nebulosa primitiva!

Ricordiamo qui anche i due « fattori » di Empedocle, il quale additava la causa fondamentale della incessante trasformazione delle cose costituenti il mondo visibile nella mutua reazione di due principii *opposti*, ch'egli chiamò l'*amore* e l'*odio*, che rispondono precisamente alle due forze di *attrazione* e di *repulsione* nelle quali si esplica l'energia molecolare della materia. Anche Telesio riconosceva questo *dualismo eterno*, che per lui furono il calore e il freddo.

Riprendendo, nella nostra modernità, i vecchi concetti classici ecco lo Spencer che viene a concretarceli. Chi ci dice — osserva egli — che la materia non debba compiere degli immensi cicli, la sterminata durata dei quali ci è ignota, durante i quali debba arrivare ad un certo punto, poi annichilirsi, disgregarsi, ritornare allo stato primitivo per poi ricominciare il colossale suo lavorìo?...

***

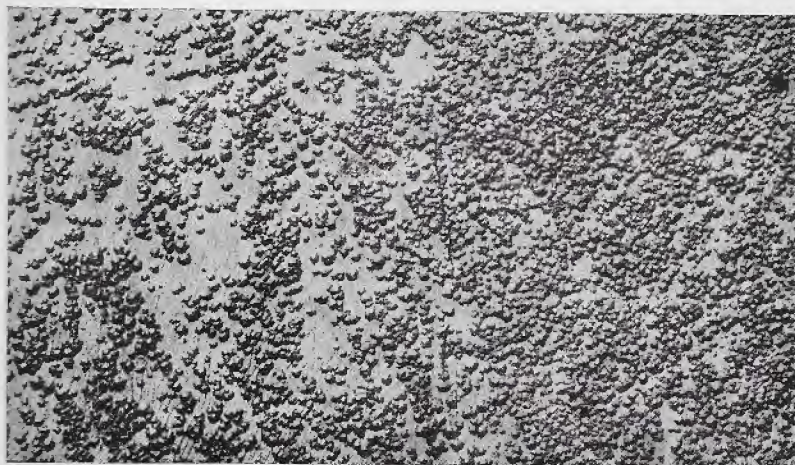
Questo concetto a noi viene come logica conseguenza dalla teoria dell'evoluzione. Essa è basata sul processo di *differenziazione*, dal semplice al complesso, nel quale le minime particelle, ultimi centri di energia, tendono a disporsi in sempre nuovi rapporti per costituire la materia, distruggendo le combinazioni preesistenti per crearne delle nuove, rinnovando senza posa la materia, plasmandola sempre sotto nuovi atteggiamenti. Ora se poniamo come due punti estremi l'etere di Thompson e il radio di Curie dobbiamo convenire, giacchè il mondo fisico non va a salti, che fra essi si ascenda per tutta una scala di valori e di forme, manifestazioni diverse di una vita unica. È stata fatta l'ipotesi che il radio — che tante cose doveva rivelarci — non sia che una delle ultime per noi, o almeno più recenti, forme assunte dalla materia. Ora questa forma, s'è detto, sembra avere la missione di disgregare i corpi. E s'è pensato: « Non potrebbe allora il radio essere uno degli ultimi stadi della materia, prima d'iniziare il processo di disgregamento che segue sempre a quello di aggregamento? ». Problema suggestivo, certamente, quanto fonte di considerazioni. Sarebbe la morte della materia inorganica, chiamata anch'essa, come l'organica a pagare il suo tributo alla fine di tutte le cose.

È in questo senso che possiamo dire che anche la materia *vive*, poichè essa non si sottrae alla generale legge di evoluzione, che può benissimo averla condotta, a gradi, da una forma primitiva (che nella sua precisa realtà ignoriamo), sino ai nostri corpi radioattivi.

Intanto è curioso osservare come la materia sembra andare soggetta alle varie vicissitudini della nostra vita. Basterebbero a provarcele le vere « malattie » che si presentano nei metalli...

Tutto questo ci può anche dire che l'Universo a noi visibile può forse non essere eterno, può rientrare nella grande legge comune: morire per rinnovarsi. Potranno ristabilirsi le condizioni primordiali dal quale è sorto secondo Laplace, e ritornare nebulosa o quell'etere puro e imponderabile che non sappiamo bene in fondo che cosa sia in realtà.

Quello che la maggior parte degli scienziati sembrano finora

sicuri di poterci garantire è l'*eternità dell'energia*. Essa sarebbe veramente immortale. Il postulato fondamentale di tutte le scuole fu sinora: « L'energia è costante e indistruttibile e nulla esiste fuori di essa » esce inalterato da tutte le nuove indagini più trascendentali.

Un metallo malato da tre settimane.
Granulazioni caratteristiche.

Ma vedremo più avanti come v'è chi dubita fortemente anche di questa immortalità.

***

È dell'astronomo Russel la pittoresca frase: un lembo di cielo ed un pezzo di lega metallica sono eguali nella loro intima costituzione! Lo abbiamo veduto: i vari sistemi atomici di questa corrispondono ai diversi sistemi stellari del primo. Come sciami di elettroni corrono sulle loro orbite nel piccolo cielo dell'atomo quali stelle vaganti e comete, grandi mondi roteanti percorrono le loro elittiche intorno al gran sole — nucleo dell'immenso atomo celeste.

Sì, sono state fatte obbiezioni a questa concezione dell'Universo stellare ridotto ad atomo e sistema molecolare. L'atomo — s'è detto — ci mostra una tendenza alla stabilità assai maggiore di

quella del sistema solare. Vedemmo anche come gli elementi che compongono il piccolo atomo sono talora violentemente disturbati, si può anche dire sconquassati e travolti, da altri elettroni che come bombe penetrano nel sistema. Ma l'atomo si ricostituisce subito dal passeggero trambusto portato dall'intruso: e ritorna o come prima o s'arresta in forma ancora più stabile. Può avvenire questo nel nostro sistema solare? Non sapremmo rispondere, perchè in questo « ciclo » di sua esistenza durante il quale è stato dato a noi (dall'antichità ai nostri giorni) studiarlo, mai, pare, nessun fatto consimile è avvenuto. Certo che avvenendo, lo scompiglio nel nostro sistema solare sarebbe pari, se non maggiore, di quel ch'avviene con tanta frequenza nel piccolo atomo. Tutto il sistema, quale nelle notti stellate ora lo vediamo, ne verrebbe mutato. I pianeti si riordinerebbero in un nuovo equilibrio, le loro orbite cambierebbero, assumendo rivoluzioni del tutto diverse intorno al sole. Se la nostra Terra ne uscisse salva, e noi vivi con essi, vedremmo del tutto cambiata la durata dei nostri giorni e delle notti, trasformate le stagioni, sparire tanti fenomeni e forse apparirne de' nuovi... È stato detto che questo fatto di « trambusto molecolare » che vediamo accadere *tanto spesso* quando esaminiamo la vita del piccolo atomo, *non deve accadere* nel grande sistema solare solo perchè da *tanti millenni* che l'osserviamo non è mai accaduto. Ma non va dimenticato che il tempo — e lo abbiamo già dimostrato — è ancor esso in proporzione: all'attimo imponderabile che corre per il piccolo mondo atomico basta sostituire il periodo millenario di quello tanto maggiore come mole del mondo stellare..

Queste ed altre cose si sono dette per attenuare la somiglianza fra i due sistemi universali di forza e di vita. Ma noi possiamo attenerci a quanto Enrico Fermi, il giovane nostro scienziato, ci conferma, nella sua *Fisica atomica*, sopra questa analogia. Dato che « il centro di gravità dell'atomo — egli ci dice — coincide praticamente col nucleo, questo, a prescindere da un movimento d'insieme di tutto l'atomo, resta fermo mentre gli elettroni girano in orbite più o meno complicate attorno ad esso. Per modo che l'atomo viene ad avere una struttura simile ad un microscopico sistema planetario in cui il nucleo corrisponde al sole e gli elettroni ai pianeti. L'analogia può del resto spingersi più oltre osservando che le forze che

agiscono tra gli elettroni e il nucleo e tra gli elettroni fra di loro sono le forze elettrostatiche che, per la legge di Coulomb, sono inversamente proporzionali al quadrato della distanza, precisamente come le forze gravitazionali che si esercitano tra i pianeti e il sole e fra i pianeti uno con l'altro. Esiste tuttavia una circostanza che rende la meccanica di un atomo alquanto più complicata di quella del sistema solare. Si osservi infatti che il moto di un pianeta può con notevole approssimazione considerarsi avvenire sotto l'azione della sola attrazione verso il sole, trascurando le perturbazioni relativamente piccole dovute alle forze esercitate su di esso dagli altri pianeti, la somma delle cui masse è molto più piccola della massa del sole. Ciò non è invece più lecito nel caso degli atomi (escluso l'idrogeno che ha un solo elettrone) poichè la carica elettrica degli elettroni è uguale a quella del nucleo e quindi la forza esercitata su un elettrone dagli elettroni è dello stesso ordine di grandezza della forza esercitata su di esso dal nucleo. (Fermi).

***

Prima di lasciare questa visione di stretta affinità di costituzione che pare esistere tra l'immensamente piccolo con l'immensamente grande, crediamo interessante pel nostro lettore raccogliere pure una sottile quanto curiosa deduzione che ci fu presentata dal compianto Piero Giacosa, il valoroso biologo piemontese, che ci riporta alle ipotesi classiche che ricordammo, e che riferiamo con le sue stesse parole:

« Dato che al concetto antico di tanti corpi semplici distinti e separabili, si sostituisce quello astronomico di tanti sistemi solari, di cui la diversità è soltanto nel numero e nella posizione dei componenti, non nella loro natura, che è identica in tutti, un altro fatto singolare emerge: la esistenza di due forze e di due energie primitive, che si cercano, che creano intorno a sè campi di forza, che si spostano, che per sè non hanno peso, ma lo possono acquistare; queste due forze tendono a equilibrarsi e vi sono alcuni di questi equilibri che hanno una stabilità massima, e altri che sono vacillanti, tanto che gli elettroni e i protoni da sè stessi possono staccarsi; questo avviene nei corpi radioattivi. Ora anche negli esseri viventi (i

quali sono pure composti da ammassi di atomi costituiti come si è detto) riappare un dualismo, cioè vi sono due elementi diversi la cui unione è indispensabile perchè si formi un individuo nuovo. L'elemento maschile e femminile esiste sempre, in tutte le forme di esseri viventi, anche se non è riconoscibile in quegli aspetti che inducono a distinguere i due sessi. Può esistere un nesso fra questi due ordini di fatti, fra il dualismo elettrico e quello degli esseri viventi? Si possono essi ricondurre ad una stessa origine primitiva? Questo non è se non uno dei tanti problemi nuovi che le attuali vedute sulla struttura elettrica dell'atomo solleva; infiniti altri sorgeranno ad affascinare, forse a turbare gli animi di chi per la prima volta si affaccia a questa nuova finestra che i fisici hanno aperto sull'immensità dell'ignoto ».

⁂

Ed ora innalziamo pure gli occhi verso la grande volta stellata, scrigno lucente di tutti i più grandi enimmi dell'Universo.

Chiudemmo il precedente capitolo dicendo che il nostro pensiero forse, anzi quasi certamente, è un'onda: una delle onde che come la luce, che tutte le compenetra, formano forse l'essenza intimissima e primordiale di tutto quanto è. Orbene, supponiamoci pervenuti a quel giorno che vaticinammo nel quale noi ci faremo padroni della meravigliosa onda del nostro pensiero e potremo lanciarla, al nostro comando, attraverso lo spazio.

Ordiniamo dunque al nostro pensiero di volare con la velocità della sorella sua luce verso l'alto mistero che sinora è stato conteso ai limitatissimi nostri occhi e che solamente, con la visione di barlumi di luce, s'è appena dischiuso agli obbiettivi dei nostri più potenti telescopi. Ordiniamogli dunque di lanciarsi con i suoi trecentomila chilometri al minuto secondo verso quella grande fascia siderea che nelle belle notti serene ci appare come un grande anello di luce che cinge tutt'a l'intorno l'emisfero celeste sopra di noi.

È la *Via Lattea*, la Galassia dei Greci, che i poeti antichi dicevano nata dal latte sgorgato dal seno di Giunone e che i cristiani del medio evo chiamarono la scala luminosa delle anime che salgono a Dio. Per noi oggi è un grandioso, fantasmagorico ammassamento

di soli, circa *trentasette miliardi* di soli, come ci dicono gli astronomi, fatto di polvere luminosa di astri ardenti e di granelli oscuri, uno dei quali, fra i più piccoli, è il nostro: la Terra.

Lanciamo dunque, verso questa Galassia, fantastica e luminosa

Ammassi di mondi lontani.
Stelle nella Costellazione del Centauro.
(da *Eddington*).

compagine di soli, l'onda del nostro pensiero che ritornata all'oscillatore dal quale la proiettiamo colassù — il nostro cervello — ci riporterà le meraviglie che nel suo fortunoso viaggio siderale avrà incontrato. Essa volerà attraverso gli anni-luce — trecento mila chilometri all'incirca al secondo [1] per trecentosessantacinque giorni del

[1] Esattamente km. 299.860 al secondo.

nostro anno, pari a 9640 miliardi di chilometri — e si porterà sino all'ultimo confine del nostro mondo siderale.

Ecco, lettore, il nostro viaggio celeste che incomincia. Un solo secondo ci basta per raggiungere la Luna — ch'è lontana da noi un poco più di un *secondo di luce* — in quattro minuti e venti secondi rasenteremo il pianeta Marte che tanto da dire ha procurato agli astronomi e alla curiosità di noi tutti per i suoi ipotetici abitatori. Ma la corsa del nostro pensiero-messaggero è talmente rapida che non ha tempo di fermarsi sul rosso pianeta neppure un momento per sbirciare se questi abitatori vi sono, e nel caso salutarli a nome di noi tutti terrestri. In mezzo ad un piccolo popolo di circa mille pianeti minori ci dirigeremo verso Giove, il grande Giove, il « secondo sole » del nostro sistema, come lo chiamano gli astronomi, il gigantesco pianeta che vale 1300 terre nostre e ch'è ancora a mezzo fluido, intermedio come densità fra il sole e la nostra terra. La nostra onda-pensiero lo raggiungerà in 35 minuti.

Dopo settanta minuti tocca Saturno, il tempo di passare fra il suo magico anello — risplendente visione! — per poter raggiungere in due ore e mezza Urano e in quattro Nettuno.

Sono gli ultimi pianeti ai quali giungono i nostri telescopi. Anzi sino all'epoca di Galileo e di Copernico, Saturno era il pianeta *più alto* e conosciuto; lo si credeva al confine dell'Universo stellato. Poi Herschel scoperse Urano, e quindi Levernier — ma col solo aiuto del calcolo, come vedremo — il lontanissimo Nettuno.

Ma la nostra onda-pensiero non ha tempo di fermarsi. Sta per attaccare gli *anni-luce*. I 9640 miliardi di chilometri per anno, ricordatelo. Siamo nel mondo delle comete. Abbiamo lasciato lontano il Sole, ma ne sentiamo ancora l'attrazione. Solo a metà cammino verso l'*alfa* del Centauro cominciamo a sentirci liberi dal suo influsso, ossia l'onda del nostro pensiero per noi: e se a questo ordiniamo di volgersi per un momento indietro ci riferirà che il sole ormai non ci appare più che come una bella, grossa e lucentissima stella.

Dopo quattro anni del nostro viaggio-pensiero avremo raggiunto l'*alfa*. Siamo nel regno, per noi nuovo, delle stelle doppie. Sono veri soli gravitanti l'uno intorno all'altro. Scoperte da Herschel, nel 1804 se ne contavano 846, poi Guglielmo Struve le portò

Il pittoresco Osservatorio di Lick in California.

a 2641, fra doppie e multiple, e l'astronomo Burnham col cannocchiale del suo Osservatorio di Lick ne scoprì nel 1892 altre 1274 nuove. I moderni, fra i quali mettiamo tra i primissimi Giovanni Schiaparelli e Giovanni Celoria, le hanno portate a diecimila. Sono, dunque, *soli* duplici, triplici, quadrupli (come nella costellazione della *Lyra)* e sino sestupli (come in quella d'*Orione)*, tanto lontani da noi che sembrano fondersi in una stella sola.

Uscita da questo meraviglioso pelago di luce e di soli roteanti l'uno intorno all'altro, la nostra onda-pensiero entrerà nel grande regno che per noi è del sogno: quello delle nebulose. Ma le sono occorsi alcuni secoli di anni-luce per penetrarvi! Ed è tanto vasto questo regno delle nebulose che vi potrà spaziare una buona sessantina di questi secoli di anni-luce senza essere pervenuta ancòra alla grande e fitta massa della Via Lattea! Ma questi sessanta secoli le presenteranno tali spettacoli di vita siderale che la nostra mente imprigionata sul nostro granello oscuro non può che imaginare fantasticando. Intorno ai grandi soli, datori di calore e di luce, avrà veduto aggirarsi, gravitando, miliardi di pianeti come il nostro. Due, tre, miliardi di Terre? Non lo sappiamo, giacchè non possiamo che imaginarcelo. Mondi morti o pulsanti di vita come il nostro? Popolati di esseri come noi?... Forse sì. O fors'anche no. Come possiamo sapere?... Non possiamo risponderci che con delle induzioni.

La più elementare è questa: ed è di un credente nella vita universale, che ha scritto anche per questa sua fede un bel libro: *La vita nelle stelle*. È un inglese, Francis Younghusband, che ci dice: « Quando si consideri che il numero delle stelle è così grande, che il Sole che irradia la nostra terra non occupa alcuna speciale posizione previlegiata nell'universo ma è soltanto una stella comune fra milioni di altre derivate dalla stessa nebulosa, e che questa nebulosa è una fra le tante migliaia che siamo ormai quasi certi occupano lo spazio, c'è possibile, è verosimile il pensare che *solamente sul nostro piccolo pianeta* dimorino gli esseri più perfetti ch'esistono in tutto l'universo, così incredibilmente vasto?... ».

***

Ad un certo punto del magico suo viaggio, il nostro pensiero fatto onda vagante nello spazio, si troverà in una regione della quale noi, quaggiù, non sappiamo più nulla. Le grandi lenti dei nostri telescopi ce la riflettono negli specchi oculari come una sottilissima nebbia fatta di polvere d'oro, polvere di luce. È questo il regno del più grande mistero dei regni siderali. Dicono gli astronomi che qui nascono i mondi. È la plaga, fantasticamente lontana da noi, ove corrono le *Stelle Novae*, le stelle nuove: come quella che nel giugno del 1918, apparve nei nostri telescopi nella *Costellazione dell'Aquila*, che brillò luminosissima per qualche tempo, poi scomparve. Dove andò? Si dissolse? Non sappiamo.

Così — è Francesco Porro, l'astronomo, che ce lo racconta — il 20 febbraio 1901, Stanley Williams, fotografando quella parte del cielo ov'è la costellazione di Perseo, ritrae tutte le stelle del campo, sino alla dodicesima grandezza. Ventiquattr'ore dopo, nella notte del 21 al 22, il reverendo Anderson, di Edimburgo, che già aveva scoperto una *Nova*, quella dell'Auriga (1892), *vede* ad occhio nudo, con l'acutissima sua vista quasi soprannaturale di contemplatore assiduo del cielo, nella regione ritratta dal Williams una nuova luce, una stella quasi di seconda grandezza, che nella fotografia fatta nella notte precedente non appariva. E la stella da quella sera andò sempre aumentando di luce e di grandezza: la notte del 23 fu di *prima grandezza*, di un bel bianco-azzurrino; giunse al massimo al 26 febbraio: il 27 cominciò a diminuire di splendore e di grandezza, il 2 marzo divenne di seconda, il 6 di terza, il 13 di quarta, il 22 di quinta: e vieppiù andò degradando col succedersi dei mesi, cambiando anche di colore, dal bianc'azzurro primitivo al ranciato, poi al rosso, poi ancòra al bianco, quindi al violetto... Sopra le fotografie siderali fatte dal Williams e da altri in quelle notti gli astronomi calcolarono che l'aumento di splendore di questa *stella nova* della Perseo fosse salito sino a ben *trentamila volte* il primitivo!...

E gli astronomi di que' giorni concordemente dissero: si tratta indubbiamente di una enorme conflagrazione di mondi. Un astro

incandescente ha attirato intorno a sè dalle profondità dello spazio un grosso corpo oscuro, dal cozzo tremendo è sprizzata la grande fiamma cosmica riflessa nei nostri telescopi nella notte del 20 febbraio 1901, quella che il reverendo Anderson vide *con i proprî occhi*, tanto fu potente la sua luminosità!...

Così pure il 25 maggio 1925 avvenne la scoperta della stella ardente nella costellazione Pictoris. Questa stellina, della tredicesima dimensione, all'improvviso mostrò uno splendore *sessantamila volte maggiore* del suo primitivo! Più tardi dall'Africa meridionale fu segnalato che la stella si era spezzata in due parti eguali, separate da un *secondo di arco*. Cosa poteva essere avvenuto? si chiesero gli astronomi. Era scoppiata per effetto di qualche spinta dall'interno o, anch'essa, a causa di una collisione con qualche altro corpo celeste o con un denso gruppo meteorico col quale s'era scontrata?...

In tal modo nascono forse i mondi.

Per fissare le idee — ci dice l'astronomo Porro — imaginiamo due corpi solidi e freddi, che abbiano ciascuno la stessa densità media della nostra Terra, vaganti in riposo, o quasi in riposo, ad una mutua distanza eguale al doppio della distanza dalla Terra al Sole. Per la mutua gravitazione questi corpi cadranno l'uno sull'altro, incontrandosi in capo a sei mesi. La collisione tremenda non durerà che poche ore, durante le quali i due grossi corpi si trasformeranno in una massa fluida e incandescente, agitata e ribollente, che si manterrà in istato di radiazione per una decina di milioni d'anni. Poi il diametro di questa enorme massa di fuoco si contrarrà da tre e forse quattro volte il diametro solare ad una volta soltanto. E un giorno lontanissimo, decine di milioni di anni, un nuovo mondo ove la vita sarà sorta correrà veloce sulla sua orbita nello spazio...

Chè se poi, invece, i due corpi oscuri vaganti nello spazio solamente si sfiorassero tangenzialmente, si convertirebbero, nel corso di poche ore, in due brillantissimi soli, mobili intorno al comune centro di gravità, in orbite molto allungate, con periodo poco minore di un anno [1].

Soli doppi, adunque.

---

[1] Vedi: FRANCESCO PORRO, *L'evoluzione cosmica*. (Sandron, 1903).

*
* *

Ma — sempre correndo negli spazi col cammino degli anni-luce — abbisognerebbero molte centinaia di secoli alla nostra onda-pensiero da noi lanciata a scandagliare gli abissi dell'oceano siderale per raggiungere quegli ammassi stellari che gli astronomi hanno chiamate *Isole dell'Universo.*

Sono agglomerazioni di stelle, incredibilmente fitte, addensate a decine di migliaia, riunione di polvere ardente di cui ogni granello è un piccolo sole... Le stelle sono ivi tanto dense da formare per

I misteriosi ammassi di materia cosmica *(nebule)* nella *Lyra.*
(da *Eddington*).

l'occhio lontano che arriva a percepirle la visione di un uniforme albore luminoso. Formano la cintura di Galassia, la Via Lattea. Qua e là quest'albore di luce sembra condensarsi in zone più compatte: sono le così dette dagli astronomi « coacervazioni stellari », come le *Pleiadi* nella costellazione del Toro, il *Presepio* del Cancro, quella del *Cigno.* Le domina la fitta agglomerazione stellare del *Delfino,* posta agli estremi limiti di una delle spirali della *Via Lattea,* la cui tenue luminosità arriva a noi dopo duemila secoli!...

È in questi estremi limiti del nostro universo siderale — quello del quale sebbene paurosamente lontani facciamo parte ancòra noi, con la nostra piccola Terra — che si muovono quei mondi che tramandono solo luce ultra-violetta, per cui il nostro occhio non potrà mai vederli. Solo la lastra fotografica — che tanti preziosi servizi

ha reso all'Astronomia — ce ne dà sentore con i rilievi spettroscopici. Così Max Wolf in Heindelberg riuscì dopo tredici ore di esposizione a fermare sulla lastra la nebulosa ultra-violetta che si trova nella costellazione del Cigno.

E poi? il vuoto? i confini dell'universo?

No. Ancòra mondi, sempre mondi, altre vie Lattee, altri universi distinti dal nostro.

Nei grandissimi, paurosamente vasti intervalli spaziali fra la nostra Galassia — che ormai ridotta ad una piccola nube luminosa si allontana sempre di più con i suoi grandi soli, le sue meraviglie di mondi, ed il nostro smisurato orgoglio di uomini popolanti uno dei suoi infimi granelli — nel resto dell'Universo sidereo, si muovono le « nebulose spirali » che sono altri e sempre nuovi universi stellari come il nostro, che, se potessimo farlo, conteremmo a milioni in questo nuovo infinito che ci si apre davanti. In essi migliaia di altri soli ruotano incessanti in nuovi vortici di luce, formando nuovi ammassi, nuovi *universi-isole*, a distanze dal nostro orgoglio valutatore, tali da oscillare fra i cinquemila ed i seimila secoli-luce! E se da uno di questi nuovi universi potessimo volgere lo sguardo alla lontanissima nebulosa che forma il nostro universo, essa più non ci apparirebbe che come una estremamente tenue e vaga macchia di luce!

Ma oltre tutti questi nuovi universi, queste nebulose-spirali, oltre queste isole stellari, che cosa può esservi? La fine del Cosmo? Il nulla? Quel *nulla supremo* che in mancanza di altri nomi noi abbiamo chiamato *l'infinito?...*

Non lo sappiamo.

Ma forse il Cosmo neppur quivi ha la sua fine. Oltre questa — già tanto paurosamente vasta per la nostra comprensione umana — immensità, forse se ne apre un'altra. Per rinnovare, continuandolo, il fantasticamente enigmatico prodigio.

***

Oggi però il pensiero moderno cerca di dare una comprensione a questa « infinità » dell'Universo. La nostra mente che vive, o almeno crede di vivere in mezzo a cose finite, trova difficile comprendere come possano esistere cose infinite; ma sopratutto non riesce

ad afferrare il concetto puro della parola *infinito*, e cioè della cosa, o spazio, o tempo che non ha mai fine. L'unico appoggio, per la nostra mente, che possa darci un'idea concreta di come una cosa possa non incominciare mai per mai finire è, sino dai tempi di Euclide e dei matematici greci, la geometria. La linea curva del circolo, che in ogni suo punto comincia e in ogni punto finisce, od anche: che non comincia in nessun punto e in nessun punto finisce e continua dunque sempre, solo può darci la visione di cosa che si prolunga nel tempo e nello spazio senza principio e senza mèta finale. E quasi per istinto ci diciamo: l'infinito *deve essere come una linea curva*.

Così una sfera ha superficie finita e pur illimitata. Ora il grande matematico Riemann aveva già cercato di dimostrare la possibilità di uno *spazio sferico* finito e illimitato — il finito nell'infinito — ma a lui mancarono i fatti fisici per comprovare la sua ipotesi. La teoria della Relatività può dare alla geometria dello spazio il mezzo di rappresentarci un mondo finito e tuttavia senza limiti. Ma solo al calcolo superiore è data la possibilità della rappresentazione matematica del come si può concepire l'universo quale spazio sferico. Esso ci mostra come lo spazio, nel suo complesso sia una « varietà finita a tre dimensioni » che tende ad una *curvatura costante*, che possiamo ammettere come sferica od anche elittica.

Tutto, nello spazio, s'incurva.

La *linea* retta nello spazio non esiste. Come sulla terra, di retto — o *quasi* retto — non esistono in realtà che dei *segmenti*, nello spazio impèra la curva. Se noi potessimo innalzarci in linea verticale sopra di noi senza mai fermarci ci troveremmo convogliati sopra una magnifica curva circolare. La quale, compiuto il « giro dell'universo » dovrebbe riportarci al punto di partenza... E se noi potessimo concederci la velocità della luce (i 300.000 chilometri al secondo) ritorneremmo a questo punto di partenza dopo dieci milioni di secoli!...

La moderna teoria della Relatività, ammettendo come le proprietà geometriche dello spazio sieno condizionate soltanto dalla « materia in esso esistente » ha modificata la grande teoria della gravitazione di Newton in questo solo senso: mentre nelle sconfinate immensità lontane un corpo, abbandonato a sè stesso, si muo-

verebbe secondo la primitiva concezione newtoniana, con moto *rettilineo* ed uniforme, secondo invece i nuovi concetti, nella vicinanza della materia il suo percorso più breve non può essere rettilineo ma deve diventare curvo. Anche la luce, secondo questo concetto, segue la stessa legge. I raggi di luce, a guisa di proiettili lanciati, passando vicino alle grandi masse che circolano nello spazio, ne sono attratti e vengono deviati, assumendo ancor essi una traiettoria curva. Il che porterebbe che noi *vediamo* le stelle in una posizione « relativa » del posto da esse realmente occupato nello spazio.

Questo della luce stellare, del resto, altri gravi quesiti presenta all'osservatore moderno. Cercheremo di accennarli al lettore adoperando la forma di linguaggio più chiara e facile che ci sarà possibile.

Noi sappiamo dell'esistenza delle stelle solamente per la loro luce che quando non è percepita dai nostri occhi arriva però ad impressionare la lastra fotografica. Ora questa luce che le stelle ci mandano è principalmente bianca, e cioè come sappiamo luce composta. Il fatto ch'essa arriva sino a noi bianca vuol dire che non è stata assorbita e quindi non cambiata nel suo cammino attraverso lo spazio. S'essa passasse attraverso un corpo assorbente, questo assorbimento sarebbe selettivo, e la luce della stella non ci apparirebbe più bianca, ma colorata. Abbiamo veduto che il raggio di sole passando attraverso il cristallo trova i diversi colori, che riuniti formano la sua luce bianca, differentemente assorbiti e rifratti. Lo stesso dovrebbe accadere per i raggi che ci mandano le stelle. Vi sono, è vero, stelle rosse, come *Orione*, gialle come *Arturo*, altre per noi cilestrine ed ultraviolette: ma generalmente, e anche le più distanti, ci mandano luce candidissima. Segno, ripetiamo, che la loro luce non è stata nè assorbita nè cambiata durante il suo passaggio nello spazio. Precisato questo, e ammesso che le stelle sieno infinite, il cielo dovrebbe presentarsi ai nostri occhi illuminato giorno e notte! Il sole, in mezzo a questa vivida e densa cortina di luce perenne, ci dovrebbe apparire come un disco gialliccio, confuso nel bagliore diffuso. Poichè non vi sarebbe più nessun punto del cielo che non fosse ricoperto di stelle: e agli obbiettivi de' nostri telescopi tutte queste stelle dovrebbero apparire come tanti cerchi che si ricoprono l'un l'altro, non lasciando più nessun spazio vuoto.

Ora questo non è. E allora?...

La cosa si può spiegare solamente considerando l'Universo — quello grande, complessivo, ch'è sopra di noi — come formato e diviso in tanti « universi » particolari e divisi, lontanissimi l'uno dall'altro. Le stelle che noi vediamo appartengono solamente al nostro: quello della *Via Lattea*, il Galassico. Ma altri « sistemi galassici » devono essere, e in un numero veramente grande, collocati nello spazio, separati da distanze immense...

Ma siffatta costituzione dell'Universo la vedremo meglio più avanti.

Diremo ancòra, ritornando al concetto dell'Universo « chiuso in sè stesso » a mo' di una sfera, che in questi ultimi tempi alcuni astronomi si sono proposti il problema di determinarne il raggio, e quindi il diametro, prendendo come centro il nostro sistema solare. Hanno studiato il quesito i professori Schwarzchild di Potsdam (Berlino), l'Eddington, l'Hubble, lo Shapley direttore dell'Osservatorio americano di Harvard. È di questi giorni, mentre scriviamo (1929) una interpretazione del problema del prof. Silberstein di Oxford che ne tratta in una sua memoria *The Size of the Universe* (La grandezza dell'Universo). Basandosi sopra misure astronomiche il professor Siberstein valuterebbe il *raggio dell'Universo* a circa *cinque milioni di anni-luce*. Ma le teorie umane, ricordiamolo, ha detto Nansen, sono instabili quanto i ghiacci polari... La scienza degli uomini ha quindi tempo di creare ancòra quante concezioni nuove vorrà sopra questo enimma dell'universo, forse insolubile.

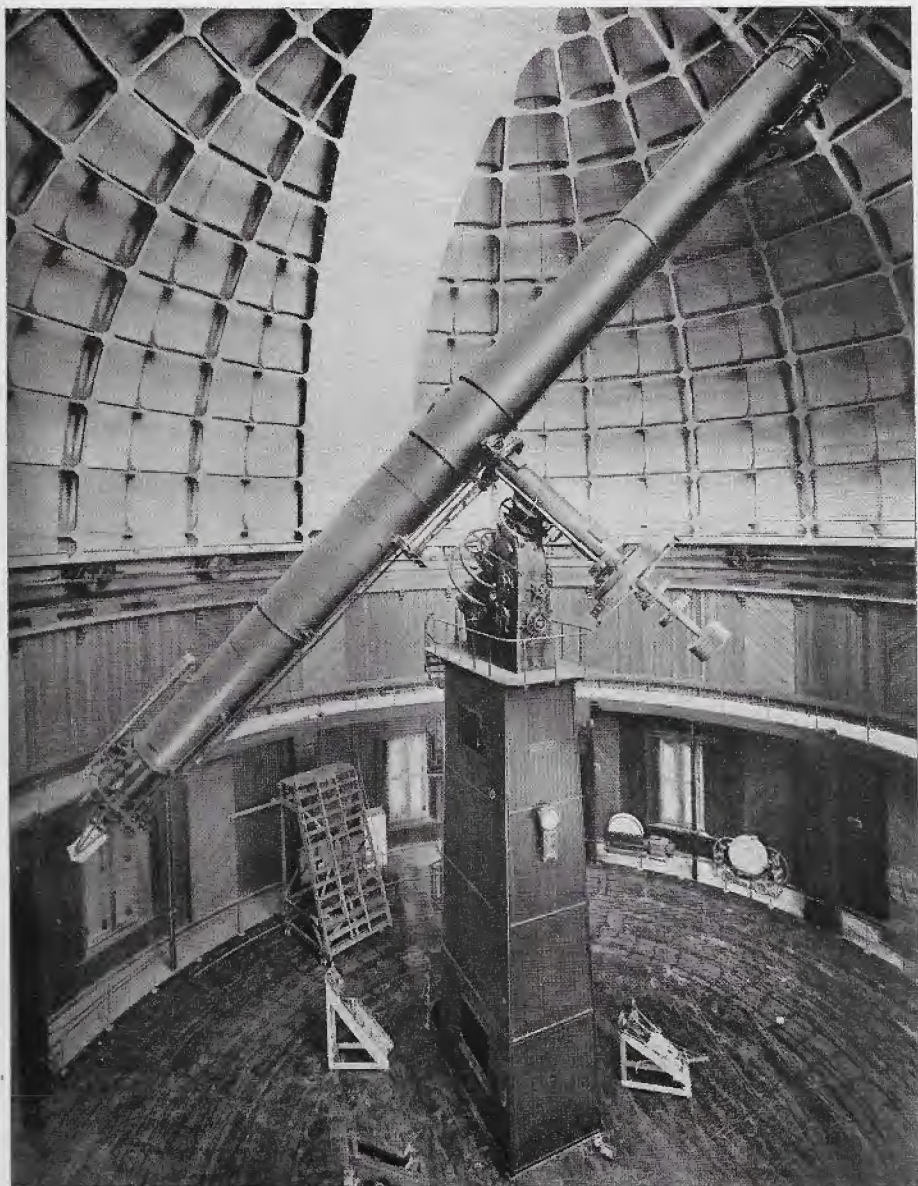
***

E possiamo riprendere, frattanto, il nostro vagabondo viaggio nello sterminato regno dei mondi che ci sovrasta.

Gli « scandagli del cielo » che si proseguono da millenni, quante cose ci hanno detto e ci stanno dicendo ogni giorno!... Pensate: è dal 4000 al 3000 avanti Cristo che gli uomini stanno frugando, dapprima con i soli occhi e poi con i cannocchiali, il mistero celeste! Da principio l'affannosa ricerca degli uomini nel cielo si affaticò invano nella superstiziosa credenza di una volta celeste fissa, immota, con fuochi che s'accendevano e alternativamente si spegnevano. Poi vennero i Greci, e s'aperse il periodo classico delle speculazioni elle-

niche, sapienti e piene d'intuizioni meravigliose, poichè gli scandagliatori del cielo avevano nome Pitagora ed Eraclito; e poi la Scuola Alessandrina con Tolomeo, ereditata dagli Arabi e portata nell'Europa dell'evo medio. Ma venne il grande Cinquecento con Copernico; ed ecco la teoria magnifica dei ricostruttori scientifici della scienza del cielo: Newton, Keplero e Galileo. Due grandi scoperte, il telescopio nel 1610 e lo spettroscopio, alle quali dobbiamo pur aggiungere la fotografia, ci hanno portato alle rivelazioni cosmiche di Herschel e dei grandi speculatori del cielo che sino ai nostri giorni si passarono la fiaccola della passione pel grande mistero sidereo. Poichè se v'è una scienza che ha bisogno della passione più sincera e profonda è questa del cielo. Mi piace a questo proposito ricordare alcune parole del nostro appassionato astronomo Giuseppe Armellini, professore di Astronomia nella Università di Roma: « Herschel non fu un genio come Galileo o Newton, ma ebbe in compenso un tale entusiasmo per l'astronomia, da sentire il desiderio vivissimo, anzi il bisogno incoercibile, di passare notti intere al cannocchiale, senza mai stancarsi. Ed è questo, secondo me, e credo doveroso dirlo nettamente, il primo requisito che occorre a chi vuole entrare nelle nostre specole; giacchè la storia dell'astronomia dimostra concorde come le uniche Specole che fecero veramente progredire la scienza furono non già quelle aventi maggiori mezzi materiali o più ricche dotazioni, ma quelle dove si trovò qualche astronomo che seppe imitare l'entusiasmo e le fatiche di Herschel ».

Difatti Herschel fu il vero primo grande « scandagliatore » dell'Universo stellato: egli volle — ed è ancòra il prof. Armellini che ce lo dice — *scandagliare* (è la parola che adoperava e che è rimasta in uso dopo di lui) il cielo punto per punto, persuaso che i limiti dell'Universo si estendessero di più in quelle regioni dove le stelle sembravano più folte, e fossero invece più vicini a noi là dov'esse apparivano più rade. Prima di lui gli astronomi non s'erano occupati che quasi esclusivamente del moto dei pianeti e le loro ambizioni non superavano il corso di Giove e di Saturno. Ma in realtà l'unica cosa che si sapeva con certezza era questa: che le stelle sono immensamente lontane da noi!...

Dai giorni di Herschel a noi quale cammino! E quale magnifico manipolo di esploratori del cielo ne continuarono gli scandagli!

Gli « scandagliatori » del cielo...

Il grande telescopio di Clarke dell'Osservatorio di Lick in California.

Impossibile nominarli tutti, sopra queste pagine. Ci basti ricordare i nostri italiani, quelli a noi più vicini nel tempo. Giovanni Schiaparelli, Celoria, padre Secchi, Tacchini, Fergola, Lorenzoni, Riccò, Millorevich, Giuseppe Piazzi, il Cerulli! Che dire del grande Schiaparelli, popolare per i suoi « canali di Marte » ma storico, matematico, filosofo e scrittore, poi, squisitissimo e suggestivo? Di lui si può veramente dir tutto con le poche parole di Luigi Gabba, astronomo di Brera: « La figura di Luigi Schiaparelli non ha bisogno di parole che la illustrino: balza viva dalle sue opere e dalle sue scoperte » (1). E i viventi che ne continuarono l'opera: Francesco Porro, il Bianchi, l'Armellini, Luigi Gabba dei nostri regi Osservatori?... Fatto questo doveroso omaggio ai valorosi innamorati delle immensità celesti, possiamo continuare ad inoltrarci con il nostro lettore nel grande mondo stellare che ci hanno rivelato e che ogni giorno sempre più ci vanno discoprendo.

Dal 1845 al 1927 sono stati scoperti ben 2100 pianeti minori. Fra il 1925 e il 1927 furono individuati 293 piccoli astri che s'aggirano nello spazio che separa l'orbita di Marte da quella di Giove. Curiosa l'ipotesi dell'Olbiers: dato il grande spazio che corre fra Marte e Giove questo astronomo ci prospetta l'idea che possa essere esistito in esso un grande pianeta ora scomparso, il quale disgregatosi può aver formato le migliaia di pianeti ora esistenti. È una ipotesi suggestiva, ma che non tutti hanno accettata.

Il fatto che le stelle ci appariscono tanto più folte quanto più ci avviciniamo alla Via Lattea ed al contrario si vanno tanto più diradando quanto più da essa ci allontaniamo, e che questa sorta di rarefazione e condensazione è appena sensibile per le stelle più luminose, che sono le visibili ad occhio nudo, mentre appare notevolissima con le stelline di nona e decima grandezza, portò Herschell a concludere che il sistema stellare abbia una forma lenticolare (una « grossa focaccia schiacciata » come la chiama il prof. Armellini). Esso ci appare difatti schiacciato trasversalmente ed assai allungato tutt'intorno, lungo il circuito della Via Lattea, in cui l'Universo si

(1) V. *Le più belle pagine di astronomia popolare* di G. SCHIAPARELLI, scelte e ripubblicate da L. GABBA, 2ª edizione. (Hoepli, 1927).

estende a tale distanza che Herschel lo chiamò « abisso senza fondo ».

Gli scandagli celesti seguiti poi dal russo Struve a Pulkowo, dallo Schiaparelli, dal Celoria e da altri recenti confermarono in mas-

Nebulosa spirale nella « Grande Orsa ».

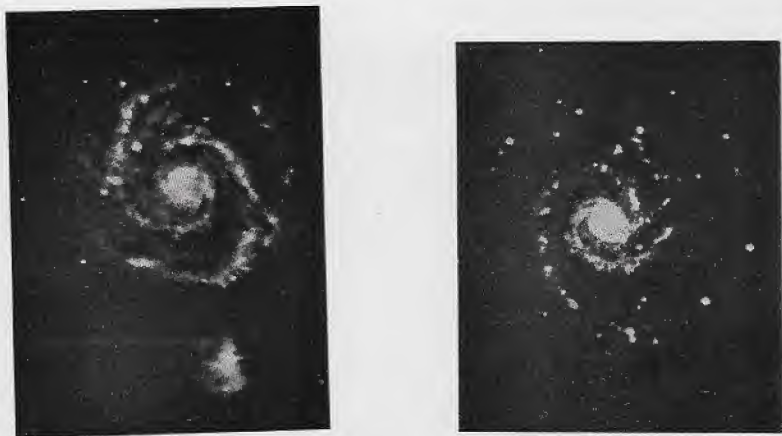
sima le vedute di Herschel sulla forma generale dell'*Universo galattico*. E venne posto in luce il fatto importante che il nostro Sole si trova quasi nel centro di questa grande lente schiacciata e che il diradarsi delle stelle man mano che ci allontaniamo dalla Via Lattea non è un semplice effetto di prospettiva ma un fenomeno reale. Le nuove teorie dell'evoluzione stellare, basate sulle analisi spettrosco-

piche, ci dicono che le stelle « più giovani » sono in generale più prossime alla Via Lattea. Così pure è in queste regioni, diciamo così, rarefatte di stelle che appariscono le *Stelle nuove* delle quali già parlammo. Che se ne concluderebbe?... Che la Via Lattea, la nostra Galassia, sia una grande « nebulosa spirale » di cui le stelle che noi vediamo costituiscono il nucleo e la grande fascia bianca che vediamo nelle belle notti serene come una cintura di nebbia luminosa, siano le braccia. Ora queste *nebule* formano uno dei più interessanti e pensosi soggetti d'indagine da parte degli astronomi. Secondo la teoria di Laplace, comunemente adottata sino a qualche decennio fa, le nebulose sarebbero corpi di stelle in via di formazione: oggi altri pensa che rappresentino non l'inizio, ma stadi già avanzati dell'evoluzione stellare! Ritorneremo sulle nuove ipotesi. Diciamo intanto che queste *nebule* sono giganteschi ammassi di materia luminosa: alcune si presentano ai nostri telescopi come sferiche, e sarebbero le *nebulose planetarie,* altre hanno forme irregolari, come quella bellissima di Orione, altre sono decisamente a spirale come l'*Andromeda* e quella della *Grande Orsa.* Le *nebulose planetarie* risultano costituite da idrogeno, elio e di un gas ancora incognito che fu chiamato *nebulio;* le « spirali » sono invece formate da due braccia di materia, prevalentemente gassosa, ch'escono dai due punti opposti di un nucleo che racchiude nel suo seno numerosissime stelline. Così ci spiega l'astronomo Armellini.

Ora, tenendo presente questa conformazione, l'analogia ha condotto a supporre che anche la nostra Galassia sia una grande nebulosa spirale, come già dicemmo. Noi siamo gli abitanti di uno dei piccoli pianeti — la Terra — che circola intorno al Sole, il quale a sua volta sarebbe una delle tante stelle che formano il nucleo della grande nebulosa-spirale ch'è la Via Lattea.

Il « nostro » universo quindi non sarebbe altro che una delle tante nebulose che vagolano nell'Universo maggiore: la *Nebulosa Galattica.*

Ed allora noi potremo credere che il grande Universo sia formato così: il « nostro universo » costituirebbe, per noi, una *galassia* di prim'ordine; un numero grandissimo di altre *galassie* come la nostra di primo ordine, poste ad immense distanze le une dalle altre costituirebbero una *galassia* di secondo ordine; del pari un altro

grandissimo numero di queste *galassie* di second'ordine, a distanza ancora più considerevoli, formerebbero la *galassia* di terzo ordine... E così di seguito. (Fin dove?...). Si può concepire che le distanze successive crescano rapidamente sì che la densità media divenga sempre più debole a misura che noi consideriamo delle *galassie* d'ordine sem-

Le lontane nebulose a spirale.

pre più elevato. Noi arriveremo allora ad una concezione dell'Universo infinito che potrà conciliare le teorie più moderne della Relatività che accennammo.

L'astronomo abate Teodoro Moreaux, direttore dell'Osservatorio di Bruges, noto e popolare scrittore di cose del cielo, nella sua opera *Le Ciel et l'Univers* (G. Doin e C., editori, 1928) ci prospetta una sua visione particolare di questo, così pieno d'incognite ancòra, mondo delle nebulose.

Premesso che le nebulose spirali sono scarse nelle vicinanze della Via Lattea, parrebbe ch'esse cerchino in certo qual modo sfuggirla, per raggiungerne i poli. Esse sono animate, in questa loro corsa, da una velocità molto superiore a quella delle stelle. Slipher, che esa-

minò gli spettri di ben venticinque nebulose, la valuta a 570 chilometri in media al secondo. Ma per alcune si sono valutate velocità ancòra maggiori: qualcosa come da 1000 a 1200 chilometri al secondo! Così pure enormi sono le distanze di queste nebulose spirali. La nebulosa di Orione, formata secondo Kapteyn, dai residui di una grande formazione spiroidale di cui pare si possano trovare i vestigi, sarebbe lontana 600 anni-luce; la distanza di Andromeda è fissata da Van Maanen a 650 anni-luce, con un diametro, abbastanza limitato, di 40 anni-luce.

Il Moreux considera l'Universo come chiuso in un « volume sferico » nel quale fu *primitivamente* sparsa tutta la materia che poi costituì i pianeti. Per un processo *a noi ignoto*, i materiali si sarebbero raccolti nella zona equatoriale di questa enorme sfera. Dalla loro evoluzione sarebbero quindi nate le stelle, i sistemi stellari, il nostro Sole, tutti i corpi celesti che formano oggi la nostra Via Lattea.

Però questa conterrebbe tuttora porzioni non ancòra condensate, vere nuvole cosmiche di gas o di meteoriti, e sarebbero esse che danno luogo alle apparenze di moto nella Via Lattea ed intorno alle stelle ed alle nebulose che la costituiscono. Le particelle più grosse di queste nuvole cosmiche, sottoposte alla legge di gravitazione, si precipiterebbero verso il centro di condensazione. Quelle più fini, per la pressione della luce, sarebbero invece disperse verso i poli della sfera che dicemmo e formerebbero, raccogliendosi, le nebulose. Dopo un certo tempo — periodi di tempo astronomico, s'intende — queste nebulose si condenserebbero e diventerebbero ammassi stellari. Allora verrebbero di nuovo attratte dal disco equatoriale e riprenderebbero la via del ritorno. Questi ammassi globulari, inoltre, mentre dapprima avrebbero forma sferica, man mano che pervengono nelle vicinanze degli strati di stelle, in certo qual modo si dissolverebbero, per quel fenomeno che si osserva nelle comete il cui materiale viene per effetto dell'attrazione sparso lungo vaste orbite, e si trasformerebbero poi in sciami di stelle cadenti.

Il piano equatoriale della sfera originaria — ci spiega Moreux — tenderebbe a diventare la parte più densa dello spazio ove erano prima sparsi i materiali che dicemmo e, nello stesso modo come noi vediamo i vapori sfuggiti dagli oceani e trasportati dalle correnti atmosferiche ritornare alla loro sorgente dopo un lungo viag-

gio durante il quale si sono condensati (per effetto di quelle duplici correnti di venti contrari in alto e in basso, verso la superficie terrestre) così, parimenti, le particelle, lanciate dalla massa dei *soli* in perpetua incandescenza si raggrupperebbero per dare origine alle nebulose delle alte latitudini. Le quali poi, alla lor volta, si trasformerebbero in ammassi di nuovo attratti dalla massa totale della Via Lattea.

⁂

Come spiega il Moreux la forma di voluta a spirale di queste nebulose?... In questo modo. Ritornando alla nebulosa in via di condensazione essa mostrerebbe sin da principio una forma diffusa. Ora, tenendo presente che il Sole gira inclinato in relazione al piano medio della circolazione planetaria, l'insieme delle branche della nebulosa, sotto l'azione attrattiva, tenderebbero ad avvilupparsi attorno all'equatore del Sole in rotazione. E ne verrebbe la caratteristica voluta. Le prime masse staccate sono state disperse seguendo l'equatore del nucleo girante, ma, man mano che la distanza va aumentando, diminuisce l'azione di cotesto nucleo, sì che le masse conservano la loro direzione generale. Progredendo la densità, la nebulosa si rimpicciolisce: una buona parte delle materie che la compongono precipita nel Sole, determinando un rialzo nell'asse solare. Dei movimenti di altalena si determinano e si comunicano alle branche spirali. Avvengono in esse delle gigantesche fratture. In questi anfratti s'ammasseranno poi le materie che dovranno costituire i germi dei futuri mondi.

Abbiamo parlato dei cozzi tremendi, degli smisurati incendi, che scoppiano ai lontanissimi confini della Via Lattea. Seguiamone uno. Prima che la immane vampata diminuisca gli astronomi hanno notato che la stella ardente s'avvolge in una nebulosità che ricorda quelle che coronano i nuclei delle nebulose spirali. Che cosa può dirci questa nube? Forse che l'astro ha incontrata una di quelle dense nuvole fatte di sostanze analoghe ai bolidi e che dal suo urto è nato il cataclisma. E n'è risultata una nebulosa. E allora succede questo: la materia raccolta nel corso del viaggio viene a formare la prima branca, ma siccome la stella gira sempre su sè stessa, cotesta materia finisce per prendere la voluta della spirale che sappiamo. Ma la se-

conda branca come si spiega? Non è tanto facile. È forse dovuta alle meteore che sfiorando la stella vengono deviate dalla loro strada per l'attrazione della stella?... Così pure, quasi sempre, si nota una specie di pennacchio opposto alla prima branca. Da che è prodotto? Si pensa dall'effetto prodotto dal cozzo che determina una perdita di velocità e quindi, come conseguenza, di una *precipitazione* sulla massa centrale... Ma non sono che ipotesi.

Da uno di questi cozzi tremendi nelle grandi altitudini dello spazio, in un giorno fantasticamente lontano da quello in cui ha cominciato a rotare il granellino che ci ospita, deve essersi formata la nebulosa che ha dato origine al sistema del quale ora col nostro granellino facciamo parte. Questo è tutto quello che possiamo permetterci di pensare.

Nebulosa spirale.

***

Ma quanti enimmi in questo universo stellare! A volerli soltanto elencare tutti non ci basterebbero le pagine di questo nostro libro. Basta fermarci ancòra un momento sulle nebulose.

Il grande Herschel ne sapeva ben poco, sir William Huggius (1824-1910) disse ch'erano formate solo da gas luminoso, più tardi però l'analisi spettrale rivelò ch'esse dovevano rinchiudere delle parti solide incandescenti. Il che ripiombò tutti nell'incertezza circa la reale consistenza di queste enigmatiche nebulose. Oggi che ne sappiamo? Gli astronomi debbono contentarsi di una classificazione delle stesse provvisoria, basata in gran parte sulla loro forma e distribuzione nel

cielo. Difatti l'*Unione astronomica internazionale* nella sua seduta a Cambridge nel 1925 ha deciso di accettare la classificazione proposta dal dott. Hubble, direttore dell'Osservatorio del Monte Wilson, uno specialista studioso di nebulose. Egli le ha divise in *nebulose galattiche* ed *extra-galattiche*. Le prime appartengono al nostro sistema, come quella d'Orione, la cui visione è veramente suggestiva. Ecco come ce la descrive l'abate Moreux: « Se possedete un canocchiale di 108 millimetri puntatelo sulla stella *Theta* d'Orione: lo spettacolo che vi sarà dato godere resterà per voi indimenticabile. In mezzo ad un velo brumoso non tarderete a distinguere come delle banderuole fosforescenti, delle condensazioni più marcate ove la luce delle stelle v'apparirà d'un colore verdastro, e qua e là dei rossi riflessi d'incendi lontani, vasti ammassi di gas rarefatto o di polvere illuminata che si estendono sopra una larghezza di 5 gradi. E siccome questa nebulosa si trova a 600 anni-luce dal nostro sistema, il calcolo ci dice che la larghezza della immensa formazione raggiunge i 52 anni-luce ».

Per un certo tempo s'è creduto che queste grandi nebulose, dette pure *irregolari*, brillassero di luce propria. Ma Slipher, dell'Osservatorio Lowell, provò nel dicembre 1912 che invece questi fantastici ammassi di materia cosmica non fanno che riflettere la luce delle stelle ch'esse circondano. Tale è il caso delle sfolgoranti nebulosità che contornano le belle stelle delle Pleiadi.

Quanto alle nebulose *extra-galattiche*, e cioè fuori del nostro sistema, ne furono calcolate 120.000. Furono distinte in *elittiche* e decisamente *spirali*. Finora ne furono studiate circa 400, fra le quali 11 irregolari, 85 elittiche e 200, all'incirca, spirali. S'è veduto che le elittiche e le spirali sono sempre circondate da nubi oscure che assorbono la luce, forse formate da materiale periferico poco condensato. Fra le più belle di questo tipo è la nebulosa nettamente a spirale che si trova nella *Grande Orsa*. Quella del Triangolo, studiata da Huthe, sarebbe lontana da noi 870.000 anni-luce! La più grande nebulosa spirale attualmente conosciuta è quella di *Andromeda*.

A strani visioni assiste l'astronomo intento all'obiettivo del suo telescopio. Vede talvolta passare davanti a nebulosità siderali intensamente illuminate delle enormi masse nere, che sono altre nebulose prive di luce.

Ora, come già accennammo, tutte queste nebulose sembrano allontanarsi — si potrebbe dire fuggire — a grandissima velocità dalla nostra Via Lattea. E analogamente questa si sposta, in blocco, con la enorme fuga di 650 chilometri al secondo, verso un ignoto punto dell'Universo, situato nella direzione del Capricorno!

Possiamo dire dunque che questo mondo lontano ed errabondo delle nebulose che già apparve un *mistero* al grande Herschel tale è rimasto ancora per noi.

***

Ma altri quesiti ci si presentano continuamente ai quali non si sa dare risposta.

La classica teoria dei pianeti roteanti attorno al Sole sopra un unico piano è in questi ultimi tempi messa in dubbio. Parrebbe invece che non solo l'asse di rotazione del Sole sia inclinato rispetto al piano dei pianeti, ma che questi deviano talvolta dal piano medio di circolazione. Pare che l'orbita di Mercurio sembri costituire il prolungamento dell'equatore solare, e la stessa formerebbe con quella della Terra un angolo di 7 gradi. Ora sembra anche che gli otto pianeti del nostro sistema circolino *alternativamente* al di sopra e al disotto di un piano medio. Perchè questa disposizione?...

Altro fatto a cui non si sa dare una risposta ragionevole è questo: per quale causa i pianeti maggiori sono relegati lontani dal Sole, mentre i più piccoli (fra i quali è la nostra Terra) si trovano nelle zone centrali?

Le comete poi costituiscono una nuova fonte di domande senza risposte. Esse si muovono in tutti i sensi e con tutte le inclinazioni. esse circolano senza nessuna regola apparente; le troviamo tanto nei paraggi più frequentati dai grossi pianeti come ne' poli più lontani della sfera celeste. Non parliamo delle loro orbite! Sono talmente smisurate che gli astronomi d'un tempo avevano finito per convincersi che si perdessero nello spazio!... Oggi si sa che ritornano, ed a epoche fisse. Ma quali sono le loro origini?... Sì, ipotesi se ne sono fatte molte. Ma restano tutte ipotesi.

Però le si studiano con passione, ed ogni giorno sentiamo parlare di esse. Ricordiamo solo le scoperte più recenti. Il 10 marzo

La cometa Swift.

(Istituto *Luce*).

1927 il Dott. Stearnes del Connecticut scopriva una cometa il cui *perielio* (che è il punto dell'orbita di un pianeta quando questo si trova alla più piccola distanza dal Sole, *afelio* è detto il punto più lontano) fu valutato a 342 milioni di miglia dal Sole e il suo periodo di rivoluzione intorno al Sole fu stimato di 11.800 anni! Verso la metà del novembre dello stesso anno le fotografie dell'Osservatorio di Bergedorf segnalarono una piccolissima cometa che — dissero le relazioni — rappresentava un vero *record* per questi fatti: possedeva un'orbita che s'avvicinava alla forma circolare più di quella di ogni altra cometa mai osservata fino allora; girava fra Giove e Saturno, dove mai s'era scorta altra cometa; fu vista a distanza maggiore di tutte le altre comete; la sua distanza, infine, dal Sole nel punto più vicino della sua orbita era di 533 milioni di miglia (cioè 135 milioni più lontana dal precedente *record* fornito dalla cometa di Schain nel 1925).

Magnifica cometa fu scorta il 4 dicembre 1927 a pochi gradi dal Sole. Era così lucente e visibile che potè venir fotografata alla luce del Sole. Ma venne e passò.... La sua orbita fu calcolata a circa 3 milioni di miglia dalla Terra. Fra il 1100 ed il 1925 ben 115 comete furono segnalate: nel gennaio del 1928 in Heidelberga fu segnalata una cometina il cui periodo di rivoluzione fu valutato assai breve, e cioè di soli 7 anni. Notiamo che di queste piccole comete dai brevi periodi in questi ultimi tempi ne furono segnalate parecchie: così quella di Finlay (6 anni e 8 mesi) e quella di Giacobini (6 anni e mezzo) il cui passaggio fu notato nell'ottobre del 1926.

Curioso il fatto dei... cacciatori di comete! Isidoro Baroni ci racconta, in data maggio 1925: « Famosi cacciatori di comete furono il Pons — già portinaio dell'Osservatorio di Marsiglia — e il negoziante Luigi Switt, il quale dai tetti di Rochester (Stati Uniti), e poi nell'Osservatorio costruito da un mecenate, scopriva tra il 1877 ed il 1899 ben quindici comete nuove, senza contare i... doppioni, come avvenne talvolta, allo Schorr, che dovette cedere la sua cometa al sopraggiunto Schain! ».

Che dire degli asteroidi (piccoli pianeti), delle stelle cadenti, degli aeroliti, meteoriti, bolidi, fenomeni su per giù identici, tranne le dimensioni e l'apparenza che varia, nei movimenti, nel colore, nella lucentezza e nella lunghezza del percorso?... Queste scintille

del cielo — specie di giuochi pirotecnici che c'inviano le profondità celesti — hanno fatto e continuano ancòra a far discorrere gli astronomi, ma... in realtà se ne sa quanto ne sapeva il filosofo Diogene il quale (la citazione è del Denning) asserisce che « queste stelle cadenti non sono emanazioni o frammenti del fuoco etereo che si estinguono scendendo sulla nostra atmosfera, ma sono piuttosto

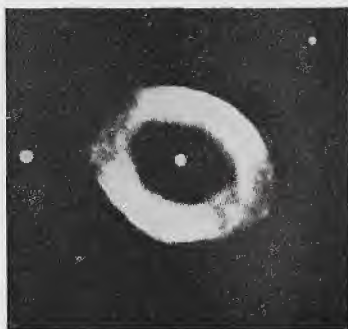
Le pietre che ci cadono dal cielo. (Il bolide di Wigan).

Frammenti di astri disgregati?... Questi aeroliti *contengono metalli, formano come una specie di* spugna di ferro, *con tracce di nichel. Altre rivelano invece la origine vulcanica.*

corpi celesti che, avendo avuto un impeto rivoluzionario, cadono o vengono gettati sulla terra per effetto di questo impeto ». A Giovanni Schiaparelli dobbiamo gli studi moderni più razionali sopra questi *rivoluzionari* del cielo. Egli dimostrò che sono « disgregazioni cometarie » disperse dal nucleo, non dalla coda come ancòra si ostinano a credere molti, lungo l'orbita della cometa.

Il 1926 sarà ricordato per gli splendidi bolidi che furono visibili specialmente nei mesi di settembre e ottobre. Quello caduto il 6 settembre presso Wigan pesava 30 chilogrammi, ultimo residuo di mole maggiore. Il 2 ottobre, circa le ore venti e mezzo, passò sulla

Manica diretto sul cielo d'Inghilterra un bolide meraviglioso di luce che scomparve con uno scoppio fortissimo sopra la Contea di Herts. La sera del 9 ottobre, verso le ore ventidue e un quarto, un magnifico bolide che lasciava dietro di sè una scìa densissima di vapore luminoso passò sopra Pietrogrado ove si dissolse.

Una magnifica meteora passò il 4 febbraio 1929 alle ore 22.13 sul cielo d'Innsbruck. Essa fu notevole per l'intensa luce verd'azzurra che illuminò un gran tratto di campagna. Il fenomeno durò quattro secondi: tre secondi dopo l'estinzione della meteora s'udì un cupo rombo durato per alcuni minuti secondi.

Anello nebuloso.
(M. 51 nella Lyra).

Si sa che le meteoriti, vere cementazioni di metalli, adorate nell'antichità come sacre, sono costituite di ferro, nichel, d'una sorta di crisolite, ch'è un doppio silicato di magnesio ed alluminio dall'aspetto cristallino. Fra meteoriti e meteore si fa questa sola distinzione: che le prime giungono sino al suolo, mentre le seconde, che appariscono ad altitudini variabili tra gli 80 e i 150 chilometri, intorno ai 50 chilometri scompaiono.

Il Lindeman ha fatto ultimamente interessantissimi studi sopra questi rutilanti razzi del cielo. Hanno vita brevissima: tra una frazione di secondo ed un massimo di 15 secondi. La loro velocità oscilla dai 10 ai 100 chilometri per secondo, ma forse ben più elevata dev'essere la quota di velocità nelle alte sfere. Possiamo considerarli come agglomerati di atomi che si muovono con velocità planetaria e diventano incandescenti soltanto per l'attrito opposto dall'aria.

Non è inutile ricordare che la raccolta più completa di meteoriti in Italia è quella del Museo Mineralogico di Roma, diretto dal prof. Millosevich, con esemplari di oltre 200 cadute. La collezione più completa del mondo però è quella del Museo di Londra con 557 pietre meteoriche.

⁂

Pieno per noi d'incognite è ancora il Sole e neppure sappiamo bene con certezza della Luna. Sopra il grande astro del nostro giorno e la pallida nostra sorella si sono scritte intere biblioteche. Sopra Marte poi abbiamo ricavati una quantità di romanzi che... sono rimasti romanzi! Di positivo non vi sono che i magnifici studi dello Schiaparelli e di qualche altro astronomo appassionato marziano. Marte però si conserva ostinatamente un mistero per le nostre curiosità, malgrado tutti i romanzi. Tutto quello che possiamo dire è che la Terra, Marte e Venere possono considerarsi come tre buoni fratelli: Venere è la sorella più giovane e Marte il fratello più anziano. Con altre parole Marte si troverebbe in uno stadio di evoluzione più avanzato, Venere molto meno, e noi (cioè la nostra Terra) in uno stato di evoluzione cosmica intermedia. Il fatto fu dedotto dalle osservazioni che da tre secoli ormai si vanno facendo con telescopi sempre più potenti sul disco dei due pianeti, le quali ci hanno potuto far conoscere lo stato delle loro atmosfere che, pare ormai cosa certa, li circonda al pari della nostra Terra. L'atmosfera di Venere ci appare molto densa e crassa, mentre quella di Marte è diafana e leggera: ora, gli scienziati sono d'opinione che con l'andare dei secoli l'atmosfera di un pianeta vada gradatamente perdendo di densità acquistando in trasparenza, per la continua diminuzione di vapor acqueo che si volatizza nello spazio. Da questo principio l'ipotesi — che tutto porterebbe a credere possibile — che mentre Venere si trova in uno stato ancòra primordiale di sviluppo, Marte abbia già superato il nostro stato e si trovi in condizioni fisiche molto più avanzate di noi (quali possano essere però non sappiamo) e quindi più inoltrata nel relativo progresso di civiltà.... dato che vi sieno degli abitanti come noi. Ma non ci fermiamo sopra questa ipotesi che tanti fiumi d'inchiostro ha fatto scorrere...

Sopra Venere — la bellissima stella vespertina, dalla luce candida e tranquilla — ricordiamo solo che nel marzo di questo anno in cui scriviamo — 1929 — e precisamente il giorno 18, abbiamo potuto godere una delle fasi di massimo splendore del bel pianeta che Dante chiamò « *lo bel pianeta che ad amar conforta* ».

Sempre rimanendo nel nostro sistema, ogni giorno, si può dire, gli astronomi ci segnalano qualche nuova sorpresa. Così nell'ottobre del 1923 il Prof. Aitken, dell'Osservatorio di Lick, scoprì con l'aiuto del grande telescopio del Clarke, che la stella *Mira Ceti*, detta la « variabile » ed anche la « stella meravigliosa » era doppia! Notate che Herschel l'aveva osservata spesso e l'aveva trovata semplice, e tale era stata sempre di poi veduta da tutti gli altri. Come si spiega la nuova visione che ci presenta?... Qualcuno suppone che la stella compagna ha un lungo periodo di rivoluzione e che quindi dal tempo di Herschel sia rimasta nascosta dalla stella principale.

Di Nettuno dovremo riparlare. Quanto a Mercurio è il pianeta del quale si sa meno di tutti gli altri. È il più vicino al sole, compie la sua rivoluzione intorno a questo in 188 giorni, sopra un'orbita molto elittica. Si avvicina al Sole, al perielio, sino 45 milioni e mezzo di chilometri e se ne allontana all'afelio, sino a 69 milioni di chilometri. Data la sua posizione così accosto al Sole noi non possiamo vederlo che un poco prima dell'aurora e poco dopo il tramonto. Del resto non dura visibile nel nostro emisfero che per una quindicina di giorni al più. È il pianeta più nascosto per noi: sempre immerso com'è nell'aurora o nel crepuscolo. È quindi il più restìo a lasciarsi osservare dai telescopi.

È assai piccolo: circa venti volte meno della terra. Rassomiglia quindi un poco alla luna. Il Prof. Rudaux, Direttore dell'Osservatorio francese di Donville, che lo ha studiato in modo particolare, per quanto ha potuto farlo dopo quel che abbiamo detto, ci dà sopra questo pianetino misterioso molte notizie interessanti. Egli ha scoperto che la sua superficie si presenta sempre spiccatamente gialla, con strane regioni chiarissime o bianche, alternate da macchie scure di colore indefinibile, apparenti anche più, in certe circostanze, di quelle famose di Marte. Lo Schiaparelli, che lo studiò dal 1881 al 1889, trovò e disegnò queste fascie e striscie oscure. Pure altri (Denning e Schroeten, e prima ancòra, Prince, Birmingham e Vogel) le rilevarono. Si sono attribuite ad oceani e terre, come sul nostro globo. Ma... c'è un fatto che rende molto perplessi sopra questa possibilità. Data la sua grande vicinanza al Sole, il piccolo Mercurio *gode* di una temperatura oltre che torrida. Gli astronomi americani Petit e Nilcholson che lo esaminarono dall'Osservatorio del Monte

L'enimma della pallente Luna dei poeti romantici.

Wilson stimano che la sua temperatura superi i 400 gradi centigradi quand'è battuto in pieno dai raggi solari! Eppure con tutto questo pare che Mercurio, a differenza della Luna con la quale presenta molte rassomiglianze come dicemmo, possegga un'atmosfera. Il Rudaux afferma d'aver potuto scorgere sopra il pianetino delle nubi. Ma sono veramente nubi nel nostro significato terrestre, e cioè vapori, o non piuttosto nembi di polvere arroventata dal sole?... Certo è che se ammettiamo esistere sul piccolo pianeta un'atmosfera, essa deve originare circolazioni fra le regioni intensamente e costantemente riscaldate dal sole e quelle dall'altra parte del globo, che restano in una notte perpetua. Ora viene da pensare, data la torrida temperatura di 400 centigradi, se esiste dell'acqua quale sorta di evaporazioni debbano avvenire e con quali conseguenze a noi assolutamente ignote!...

A. S. Eddington — il genialissimo professore di astronomia all'Università di Cambridge — ci dà interessantissime notizie su quello che fu convenuto chiamare *« l'enimma del compagno di Sirio »*.

Sirio è la magnifica stella fissa, l'altro sole, che con il nostro servirono per la classificazione spettroscopica, per il colore della loro luce, nei due tipi di stelle fisse. Poichè le diverse tinte dei Soli che stanno al di là del nostro mondo planetario ne rivelano le differenti condizioni fisiche. Il grado di splendore deve corrispondere ad uno stato d'incandescenza: per cui si è pensato che le stelle bianche sieno più calde e le rosse molto più raffreddate. Le stelle fisse furono quindi divise da alcuni astronomi in due tipi, e cioè tipo Sirio e tipo Sole. Quelle del tipo Sirio sono bianche o bianche-azzurre, quelle tipo del Sole un po' giallognole. A queste due classi fu aggiunta una terza: quella delle stelle rosse, la quale però è molto più povera delle due prime. Altre classi, sempre in relazione al loro spettro, furono aggiunte dal Vogel, dallo Scheiner e da altri.

Ora intorno al colore di Sirio è nata una storia o leggenda che sia la quale ha dato modo allo Schiaparelli di scrivere le sue più belle pagine, nelle quali si appalesa tutta la sua vasta coltura letteraria e storica dell'antichità classica. La storia o leggenda è questa. Si trovano presso alcuni scrittori antichi diversi accenni i quali con sufficiente concordia ci condurrebbero a supporre che in-

Squallidi dirupi lunari?... No, il massiccio del Glärnisch in Svizzera.

(da *W. Mittelholzer* – « *Alpenflug* »).

torno al principio dell'êra cristiana Sirio fosse di color *rosso intenso*, mentre oggi tutti l'ammiriamo come una stella del bianco più puro, con qualche vaga mescolanza di color azzurro. Il fatto su accennato verrebbe quasi convalidato dal poeta Orazio, il quale nella satira quinta del secondo libro sembra accennarlo col nome di *rubra*, certo preso dai poeti antichi. Ora Schiaparelli volle sincerarsi della cosa, e come fece? Andò a rievocare tutta la letteratura greca, tolemaica, romana, da Omero ad Arato sino a Dante, per rintracciare nelle loro testimonianze quale fosse il colore antico della stella Sirio e i suoi mutamenti ne' millenni. Il quadro — di tutta la poesia e la sapienza antica — che lo Schiaparelli ci rievoca è tale che nessun letterato per dotto che sia saprebbe farlo con tanta precisione di fatti e di analisi. Ma egli ebbe anima di poeta e di vero artista, e, forse senza saperlo, ci ha lasciato in queste pagine un monumento di bellezza critica e letteraria, esposta con le parole nitide e sicure del matematico (1).

Sirio, la *divina Sothis* degli Egiziani, fu divinizzata da questi per la coincidenza del suo levarsi eliaco col principio dell'innondazione del Nilo, come una forma della dea Iside, e diventò celeberrima nella liturgia egiziana. Sirio — ci racconta Schiaparelli — già sino dai tempi di Esiodo si chiamava la « fulgida stella » ed è stata sempre, così dagli antichi, come dai moderni, stimata la più brillante del cielo. La conclusione delle indagini dello Schiaparelli sul colore rosso che la bella stella si disse avere verso i primi tempi dell'êra cristiana è che il fatto non è appoggiato a testimonianze sufficienti, anzi la probabilità maggiore sembra pendere verso l'affermazione contraria. Quindi anche la ragione che mosse gli antichi a chiamare *rubra* Sirio è, dal lato storico-letterario, rimasta un mistero, tanto per aumentare gli altri che già tanto abbondano nel campo astronomico!...

Ora, intorno a Sirio furono scoperti due compagni: Procione, la *Canicula* dei Romani, che sarebbe la stella minore della costellazione del Cane, alla quale Sirio appartiene (Sirio nella costellazione appare collocato nella bocca della figura); ed un altro *compagno*

---

(1) Cfr. G. SCHIAPARELLI: *Scritti sulla storia dell'astronomia antica*. — Tomo II, pag. 181 a 234. (Zanichelli, editore 1926).

Morti paesaggi della nostra Terra che fanno pensare ai pianeti spenti.

Altipiano in Persia a 3000 metri di altezza.

(da *W. Mittelholzer* - « *Persienflug* »).

oscuro che fu scoperto dal Benel, nel 1844, che lo dedusse dalla deviazione ragguardevole mostrata da Sirio e Procione la quale non poteva ch'essere originata dall'attrazione di un altro corpo invisibile. Questo *compagno oscuro* di Sirio fu per molti anni uno degli enimmi più interessanti per gli astronomi. Nel 1862 fu *veduto* dall'ottico americano Alvan Clark per un caso, mentre cioè stava provando un certo obbiettivo, come un piccolissimo punto lucente. E se ne dedusse allora che questo compagno non deve essere totalmente oscuro, ma che si trovi in uno stadio di raffreddamento molto avanzato, in procinto di passare allo stato di pianeta.

Sarebbe questo dunque l'oscuro compagno di Sirio sul quale l'Eddington ha oggi risolto tutte le sue indagini, rivelandoci su di esso cose straordinarie. Avrebbe una temperatura di 8000 gradi, superiore quindi a quella del Sole che ne avrebbe solamente 6500. Avrebbe un raggio pari ad *un trentacinquesimo* di quello del nostro Sole, che ci darebbe un volume 43 mila volte più piccolo di quello solare. Enorme sarebbe la sua densità: 60 mila volte quella della nostra acqua! Questo è quanto ci ha detto l'Eddington, ed i suoi dati sembrano confermati dalle ulteriori indagini sul pianeta strano compiute dal Prof. Adams, ch'è il Direttore del famoso Osservatorio del Monte Wilson.

Ora, la formidabile densità di questo oscuro compagno del lucentissimo Sirio ci porta a deduzioni curiosissime.

Ne approfittiamo per dare al nostro lettore una chiarissima idea del concetto nuovo che ci siamo formati del nostro tempo e della sua relatività. Da che cosa è segnato il tempo per noi uomini? Dall'orologio. Il nostro periodo di esistenza ci viene dall'orologio fissato in minuti, ore, anni e secoli. Ora che cos'è che dà all'orologio il mezzo di segnarci in modo preciso, o quasi, questi minuti, ore, anni e secoli?... Il pendolo, col suo isocronismo. Ma le oscillazioni del pendolo corrono più o meno ampie secondo il valore dell'attrazione terrestre che sopra di esso agisce. E quindi più o meno rapide saranno queste oscillazioni ed in conseguenza maggiore o minore il valore di durata delle singole frazioni di tempo. Ma l'attrazione che così agisce sul pendolo da che, a sua volta, proviene? Dalla densità terrestre. Lo abbiamo spiegato nel capitolo delle forze. Dunque: la densità fa aumentare il peso dei corpi, e quindi pure il ritmo del

pendolo, il quale ci dà il *valore relativo* del nostro tempo, segue questo aumento di peso, accelerandosi o rallentando secondo che questo è minore o maggiore. Ne deduciamo quindi il famoso postulato: il *tempo* appare più o meno rapido in proporzione al valore di densità di una data *regione spaziale*. (Completeremo questo concetto un poco più avanti). Per comprendere bene la cosa bisogna riportare il fatto sulla nostra terra. Supponiamo che per un fenomeno a noi imprevedibile la gravità che domina la nostra terra aumentasse del doppio o del triplo: anche il ritmo degli orologi nostri rallenterebbe in proporzione, ed il tempo che regola la nostra vita s'allungherebbe. Noi però non ce ne accorgeremmo affatto! Perchè? Pel solo fatto che ci mancherebbe il mezzo di paragonare questo aumento di durata del nuovo tempo con l'altro. È la base della teoria relativistica, questa. *Nessun fenomeno fisico può essere valutato se non riferito a qualcosa*. Ed è il famoso « sistema di riferimento » della teoria di Einstein. Noi vediamo muoversi, volare l'aeroplano in aria perchè la terra — *relativamente* al movimento dei velivolo — ci appare ferma. Così se non avessimo il metro, unità di misura, non potremmo valutare la differenza delle varie lunghezze.

Ora se applichiamo quanto sopra a quello che ci ha insegnato la teoria elettrica per la formazione della luce, del suono, del moto degli atomi della materia e di tutto il resto che sappiamo, vedremo che tutto verrebbe influenzato da questo cambiamento di densità e quindi di attrazione terrestre. La luce, *correrebbe* diversamente da come ora corre per noi e ci darebbe uno spettro spostato verso il rosso. E così per tutti i fenomeni che ora avvengono, in una data misura, nella terra noi vedremmo questa misura cambiata! Per ritornare agli orologi, la famosa pendola elettrica che i signori Téry e Lavet di Parigi ed il Reutter di Neuchâtel hanno costruito in questi tempi e che ci segnerebbe il tempo a periodi di *mille anni* per ogni carica, potrebbe, aumentando opportunamente la gravità terrestre, arrivare a segnarci sino un milione di anni senza bisogno d'essere ricaricata!...

L'Eddington — che è un relativista convinto — portando questi strani fenomeni sul compagno oscuro di Sirio ci dice che su questo misteriosissimo globo debbono accadere, a questo riguardo, cose straordinarie. Data la sua formidabile densità ed il piccolo raggio,

il campo di gravitazione deve esservi potentissimo. Il rallentamento del tempo lassù deve assumere per noi proporzioni fantastiche. La nostra vita, in quel mondo ove tutto diventerebbe perenne, ci apparirebbe quasi eterna...

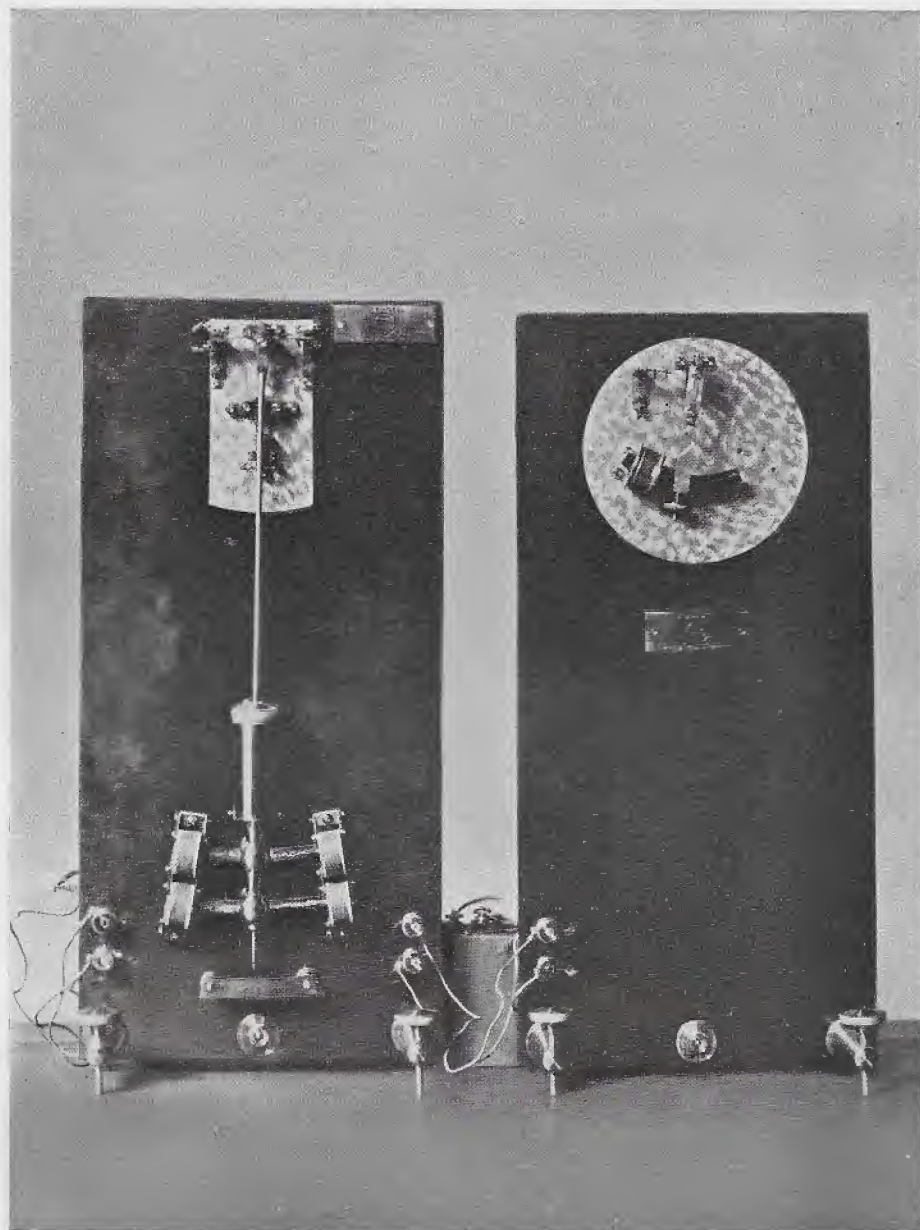
***

È naturale che la teoria elettronica abbia voluto — come abbiamo già veduto in tutti gli altri campi — darci una sua concezione speciale dei fenomeni celesti.

Ed ha trovato il suo migliore esponente nel celebre Millikan, che i nostri lettori bene conoscono ormai per le sue radiazioni cosmiche. Il prof. Alberto Millikan, premio Nobel, è direttore del *Norman Bridge Laboratory* di Pasadena in California, ed è uno de' più geniali scrutatori delle nuove leggi che ci s'affacciano nella Scienza d'oggi.

Riassumeremo sinteticamente quel che il prof. Millikan ha riferito il 14 marzo 1928 in una adunanza dell'« Istituto di fisica » californiano.

Riprendendo e continuando le osservazioni già fatte anni orsono dall'astronomo inglese sir Norman Lockyer sugli spettri stellari che lo hanno condotto alla deduzione che all'evoluzione dei corpi cosmici è associata una trasformazione continua e progressiva della materia (gas leggeri della nebulosa, condensazione di questi in elementi chimici sempre più complessi e pesanti), anche Millikan crede ad un continuato e vario processo di disgregazione degli elementi cosmici per addivenire ad altri processi di ricondensazione e ricostruzione.

Ricordiamo al lettore quanto già dicemmo altrove dei raggi cosmici già scoperti nel 1903 da Rutherford e Max Lennan dallo scaricarsi degli elettroscopi sebbene riparati da involucri metallici. E si venne nella convinzione che provenissero dalle alte regioni celesti. Sappiamo pure come il Millikan, dopo la guerra, nel 1922, portò a fine la scoperta dei due illustri fisici su ricordati sulle radiazioni ultra-penetranti provenienti dallo spazio. Ora già il Lockyer aveva fatta l'ipotesi che gli atomi dell'elio si formano dal combinarsi fra loro degli atomi più leggeri dell'idrogeno. La combinazione ha

La pendola elettrica del Téry che cammina per mille anni di seguito.

luogo in forma violenta che si ripercuote in una scossa nel *mezzo* — l'etere — conducente. Questa scossa corrisponde, nella forma e intensità, a quella che caratterizza i raggi X e cosmici. Data questa identità il Millikan fu condotto a concludere che la prima fase della formazione delle stelle dovrebbe essere costituita da questo riunirsi degli atomi d'idrogeno per formare quelli di elio.

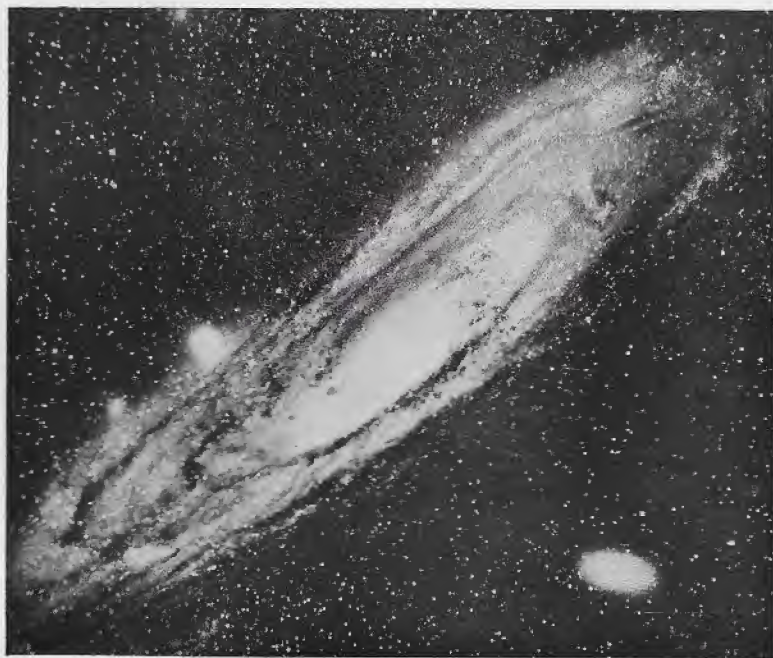
Nella teoria delle onde accennammo all'« effetto Compton ». Quando i raggi a onde cortissime, quali i raggi cosmici, *urtano* la materia si trasformano in altri di onda sempre più lunga, tanto da divenire poi raggi luminosi, le cui onde sono lunghissime. Pare che questo avvenga nelle stelle in avanzato grado di evoluzione, e cioè formate da materia già molto condensata, come sarebbe il Sole. Ora, appunto nel Sole, avverrebbe questo fenomeno: nel centro dell'astro atomi leggeri s'incontrano per formare atomi più pesanti. Questi per portarsi alla periferia debbono attraversare strati enormi di materia assai condensata. In questo cammino avviene ripetutamente « l'effetto Compton », per cui questi raggi si trasformano in luminosi. Il Sole manda a noi per questo fatto solo raggi luminosi e non cosmici.

Quanto alle nebulose, studiate dal fisico Jeans inglese, trovandosi la materia che le compone in uno stato di estrema tenuità, lo scontro fra le particelle materiali ed i raggi cosmici avviene solamente per una piccolissima parte di questi ultimi, e si trasformano poi, sempre pel fenomeno Compton, in raggi luminosi. Il Jeans ha calcolato che sopra tre mila raggi cosmici che si formano nella nebulosa ne arriva solo uno a noi sotto forma di luce, mentre i rimanenti ci pervengono nella loro forma originaria di raggi cosmici. Questo spiegherebbe perchè questi ultimi ci giungano in maggior abbondanza dalle alte regioni celesti che ospitano le nebulose.

Il Jeans avrebbe pure fatta l'importante constatazione che un buon quarto di tutti i raggi cosmici che riceviamo ci perverrebbero dalla grande nebulosa di Andromeda.

Tutto questo porterebbe a queste conclusioni. Tenuto conto che le nebulose si considerano come la fase più giovanile dei corpi celesti, il fatto della loro ricchezza in raggi cosmici ci direbbe che la produzione appunto di questi raggi possa essere la manifestazione del processo elementare di condensazione con il quale la materia, che si trova diffusa nello spazio allo stato ancòra primordiale ed amorfo, e cioè senza forma definita, comincia la formazione di mondi.

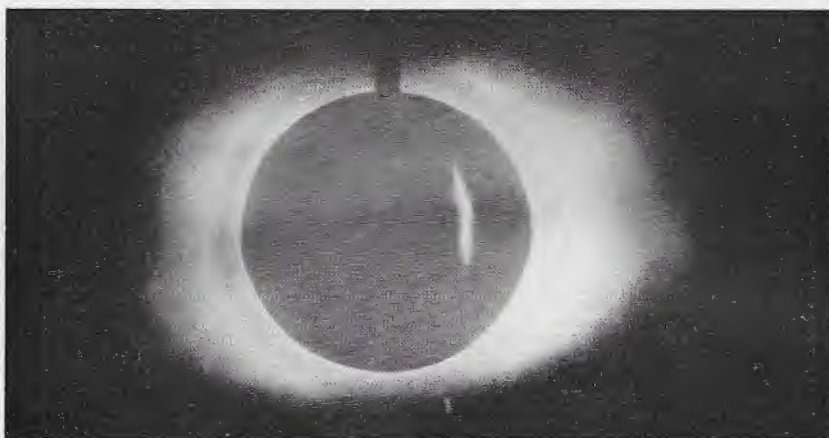
Sono molto interessanti le riproduzioni in piccolo dei fenomeni cosmici — corona solare, formazione delle nebulose a spirale — eseguite dal prof. Birkeland di Oslo, per mezzo dell'elettricità.

E prima di lasciare questo argomento ci si acconsenta una domanda. Quanto vivrà l'Universo?... Sarà esso eterno o soggiacerà

La grande nebulosa di Andromeda dalla quale partono un buon quarto di tutti i raggi cosmici che riceviamo.

alle leggi di dissoluzione che alcuni vogliono ammettere anche per la materia?... La classica legge sull'eternità della materia è oggi, da qualche fisico, messa in dubbio. Anche nell'Universo, dicono, deve aver luogo un processo non solamente di disgregazione della materia ma pure di dispersione dell'energia, la quale non sarebbe più, così, « immortale » secondo il vecchio assioma che conosciamo. Fatta anche questa ipotesi potrà arrivare quel giorno in cui fra le particelle della materia *stanche* cesserà lo scambio dell'energia?... Sarebbe que-

sto la fine d'ogni fenomeno, la immobilizzazione e l'irrigidimento universale.

Tutto è possibile nel grande ignoto che ci sovrasta, ma questo cataclisma non potrà avvenire che in un remoto assai lontano.

Non dimentichiamo però l'altra teoria: accanto ai processi di

Corona solare ottenuta artificialmente dal prof. Birkeland di Oslo.

dissipazione dell'energia altri ne avvengono di ricostruzione, armonizzati in modo da neutralizzare l'azione di morte che potrebbe minacciare l'Universo.

***

E così tutti i fatti della natura, tutti i suoi fenomeni, dai più reconditi ai più maestosi, si riuniscono per presentarci in una mirabile sintesi l'Universo. La forza magnifica quanto a noi ignota che tutte lega le forme che sono negli spazi, e che gli antichi chiamarono « armonia suprema » ci si va confermando vieppiù ogni giorno, con mille piccole e grandi rivelazioni.

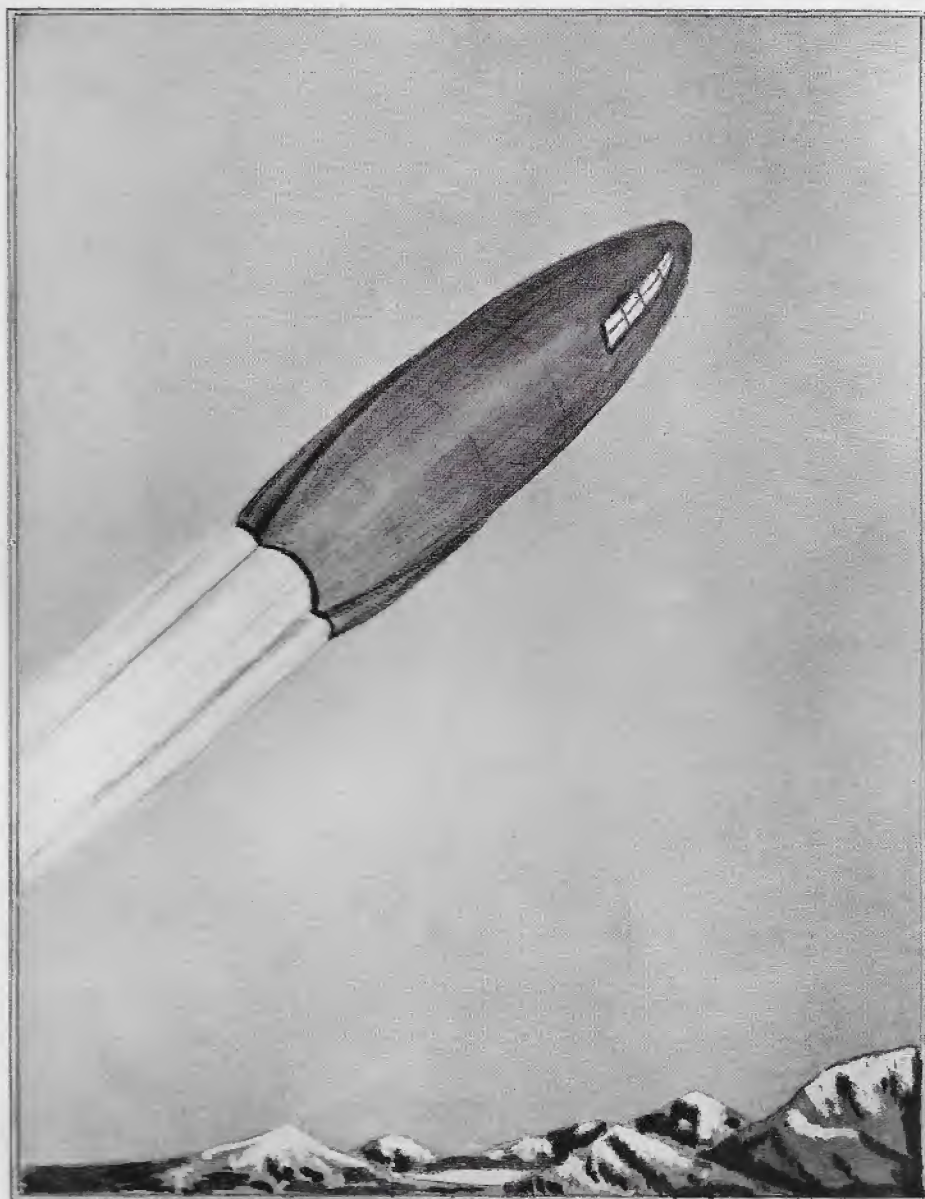
Tutto ormai ci appare legato e connesso da un filo tenace quanto misterioso: dal più esile infusorio al lontanissimo pianeta colossale, dalla energia vibrante che sotto forma di onde di luce e di elettricità corre cementando gli spazi, ai sistemi di Soli, vasti serbatoi

L'astronomo Nordmann, dell'Osservatorio di Parigi, mentre misura la temperatura delle stelle con il suo *Spettrofonometro*.

ancor essi di energie, tutto ci si mostra obbediente ad un solo impulso che è una legge unitaria. E quest'impulso unico, che fa rotare i sistemi di atomi con l'identico ritmo di quello dei soli, e che ci s'appalesa come movimento perenne, è la vita: la vita universale che non conosce la morte. La materia tutta viene così ad avere una unica essenza: essa è fatta di spazio e di velocità!

Nulla si sottrae a questa legge unitaria, a questo principio sintetico che regge ogni cosa. Quelle che già noi credemmo « essenze astratte » come il nostro spirito ed il tempo, si sottomettono ormai anche per noi alla legge unica e comune, perchè hanno la eguale vita pulsante della materia. *Tutto è materia e spirito nello stesso tempo.* Senza il nostro spirito che le percepisce, non esisterebbero le manifestazioni delle forze che corrono con le loro vibrazioni l'Universo. Spirito, dunque, vibrazione, movimento, non sono che il palpito vario della « unica cosa » che regge l'Universo. Lo vedemmo. Il tempo è legato alla materia, è anzi esso la prima delle sue manifestazioni, come quella che dà alla materia il modo di avvenire. Come, se non esistesse la materia, il tempo non sarebbe, così il tempo non avrebbe ragione di essere se non vi fosse la materia. Poichè tutta la vita fisica dell'Universo altro non è che un *divenire* che si sussegue: e questo *divenire* non è che un « continuo » di punti-avvenimenti, che formano l'insieme degli attimi di tutta la vita universale: i *punti-tempo-spazio.* L'insieme di tutti questi *punti* di « ciò che è », che vuol dire di « ciò che vive », è il Mondo. Nel senso, più che vasto sconfinato, che noi diamo a questo nome.

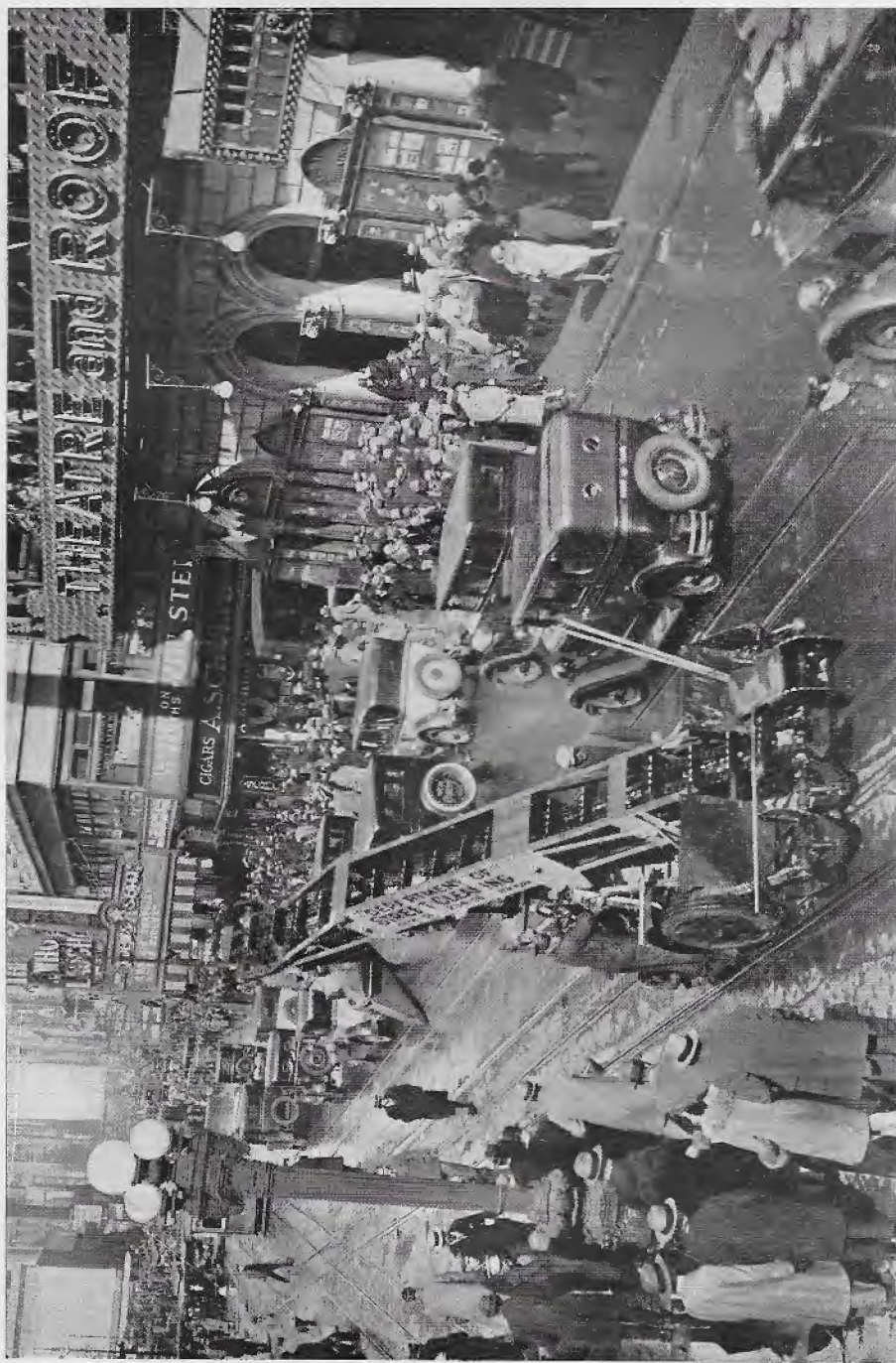
Ipotesi? Sia pure. È vero che per molto tempo ancòra — e forse per secoli — dovremo contentarci di ammirare questa grandiosa visione come una conquista tutta intima del nostro spirito, e se vorremo contemplare un poco più da vicino il Cosmo da noi tanto lontano dovremo contentarci del *Planetarium* Zeiz.

Sì, siamo piccoli, noi, piccolissimi, infinitesimali. E nel contempo siamo creature enormemente grossolane! — come diceva l'astronomo Meyer. Quando si pensi che, nella luce, l'estremo ultravioletto vibra con non meno di 1600 bilioni di oscillazioni al minuto secondo e che la lunghezza della più piccola oscillazione luminosa entra ben 400 volte nello spessore di uno dei nostri capelli, vien fatto di pensare quanto è più raffinato di noi cotesto Mondo

Verso gli abissi ignorati?...

fisico nel quale viviamo e che cerchiamo di scoprire. Se la nostra sensibilità potesse avvicinarsi alla sua mirabile minutezza e ci fosse dato poter riconoscere come intervallo a noi visibile la vibrazione di uno di cotesti rapidi raggi luminosi, il quale per poter essere percepito da noi come siamo, dovrebbe essere almeno un decimo di secondo, la nostra sensazione del tempo si allungherebbe di 160 bilioni di volte! E se vivessimo nel rapporto di quanto a noi è dato vivere la nostra esistenza durerebbe quanto un centomillesimo dei nostri secondi... « Che creature enormemente grossolane siamo noi uomini — ci ha detto l'astronomo Meyer che v'ho ricordato — rispetto a quel tessuto di onde della luce, dei colori, del suono, che ne circonda da tutti i lati! ».

Siamo piccoli, dunque, e siamo grossolani: ma il solo fatto di poter conoscere e parlare di queste cose dice la superiorità che Dio ha voluto dare al nostro spirito. E quali grandi cose questo nostro spirito, nel suo inquieto e continuo lavorìo ci ha saputo dare e farci comprendere!...

La prima è la Matematica che ci segnala l'esatta comparsa delle comete, gli eclissi, il cammino degli astri, e che ci ha dato il mezzo, unita con la fisica, di misurare con l'analisi spettrale i componenti chimici delle stelle lontane milioni di chilometri da noi, che con l'ausilio della fotografia è riuscita a far valutare a Wright l'altezza dell'atmosfera del pianeta Marte — circa cento chilometri — a Van Biesbroeck, con l'aiuto del potente cannocchiale dell'Università di Chicago, ad individuare e misurare persino una grossa nube che si proiettava sul « Mare Cimmerium » dello stesso pianeta, e che all'astronomo Nordmann fa misurare la temperatura delle stelle lontanissime!...

Un grande giorno per tutti i matematici del mondo deve essere stato quello del maggio o giugno del 1840 quando i due matematici Adams in Cambridge e Leverrier a Parigi segnalavano agli astronomi ch'erano riusciti a scoprire, *col solo aiuto del calcolo,* e quasi contemporaneamente e indipendentemente l'uno dall'altro, l'ignoto sino allora pianeta invisibile che perturbava l'orbita di Urano, scoperta sin dal 1781 da Herschel. E questo pianeta nuovo scoperto fu Nettuno, che solo finalmente fu potuto effettivamente vedere il 23 settembre 1846 dall'astronomo Galle, allora assisente all'Osservatorio

La civiltà meccanica.

di Berlino, e così confermare l'assoluta realtà della scoperta dei due matematici!... È anche vero però — e lo diciamo per solo scrupolo storico — che nel 1860 un astronomo francese, Emanuele Liais, negava tanto all'Adams che al Laverrier la priorità della scoperta di Nettuno per attribuirla dal lato *geometrico* ad Alexis Bouvard e da quello *ottico* al Galle... Ma non è il caso di discutere la tardiva rivendicazione del Liais. Dello stesso nostro parere è l'astronomo O. Zanotti Bianco dal quale ricaviamo questa ultima notizia.

***

L'altra magnifica cosa è l'eredità scientifica che ci ha lasciato il secolo decimonono.

La suggestiva unione dell'Astronomia con la chimica, con la fisica moderna e con le nuove teorie dell'elettricità, ci sta presentando una veduta illimitata che comprende mondi entro mondi... E ci rende possibile di prevedere la formulazione di una « teoria unica » che abbracci tutti i fenomeni che cadono sotto i nostri sensi.

È questa la grande promessa che l'Ottocento ci ha lasciato ed è anche il còmpito che ci ha affidato.

Arriveremo noi ad assolverlo?...

E meglio non sapremmo concludere questo nostro rapido viaggio nell'Universo così poco ancòra, nella sua quasi totalità, da noi conosciuto, che ripetendo le parole con le quali l'astronomo Francesco Porro della R. Università di Genova chiudeva al cominciare di questo nuovo nostro secolo la sua *Evoluzione cosmica:* « La sintesi di tutto il pensiero scientifico allo schiudersi del secolo ventesimo è in una sempre più esatta comprensione del concetto di evoluzione: l'atomo nella molecola, la molecola nel cristallo, la cellula nell'organismo, l'organismo nel pianeta, il pianeta nel sistema, il sistema nel cosmo... tutto si muove, tutto si agita, tutto perisce, tutto rinasce, *tutto vive*. Evoluzione organica, evoluzione geologica, evoluzione cosmica, si integrano in questo incessante processo di trasformazione, che si svolge dal semplice al complesso, conservando attraverso le forme corruttibili e caduche la maestosa continuità di un meccanismo necessario e inesorabile ».

E anche noi, con il Porro, ci chiediamo: « È cieca azione di accozzamenti fortuiti, o volontario svolgimento di un disegno prestabilito?... ».

Capitolo Sesto

VERSO IL LONTANO DOMANI DEL MONDO.

La scienza, o lettore, ha come suo còmpito finale l'adattamento dei fatti della natura a noi uomini. Diremo meglio: essa li rende accessibili ai nostri sensi. Da questo viene che le macchine, frutto delle sue scoperte, altro non sono che un prolungamento dei nostri organi, come ha detto Tyndall.

Tutto il lavoro degli scienziati è inteso a rendere più sensibili questi nostri organi umani, così mirabili in verità ma pur tanto poveri e limitati, arricchendoci del maggior numero possibile di queste macchine integratrici.

Quanto è stato già fatto! Il lettore che sino a questo punto ci ha seguìti, ha dovuto riconoscerlo. Ma ben altro agogniamo pervenire nel nuovo domani che ci si sta aprendo davanti nel nostro mondo.

Assai ambiziose sono le mète alle quali gli scienziati oggi tendono gli occhi dello spirito nel segreto lavorìo dei loro laboratori lontani dalle folle. (Ed essi pur lavorano per la folla!). Ambiziose, dunque, e talune anche molto audaci. Ve ne sono alcune, di queste mète, che possono sembrare romanzi. Ma lo abbiamo già detto: i sogni di oggi possono diventare le realtà di domani. E non dimentichiamo quel che già pure dicemmo più volte nel corso di queste pagine: tutte le più grandi invenzioni si sono presentate alla mente dell'uomo primieramente come sogni. Non per nulla il Pacinotti scrisse come titolo al taccuino ove andava segnando le idee che gli balenavano nella mente: *Sogni!*

Vogliamo, in questo nostro ultimo capitolo, andare alla ricerca di quale potrà essere questo lontano domani del nostro mondo?...

Tentiamolo.

Ma ci occorre fare una pregiudiziale al nostro lettore. Se fino a qui siamo stati molto guardinghi, e ben poco ci siamo lasciati

SCHEMA DELL'« ELICOGIRO » ISACCO.

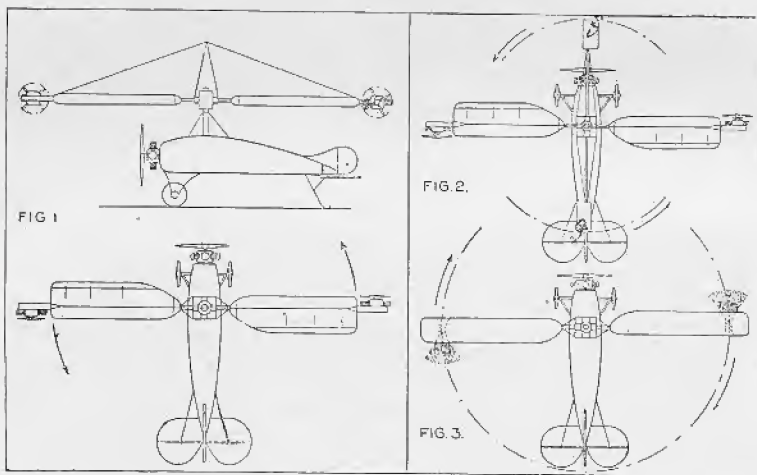
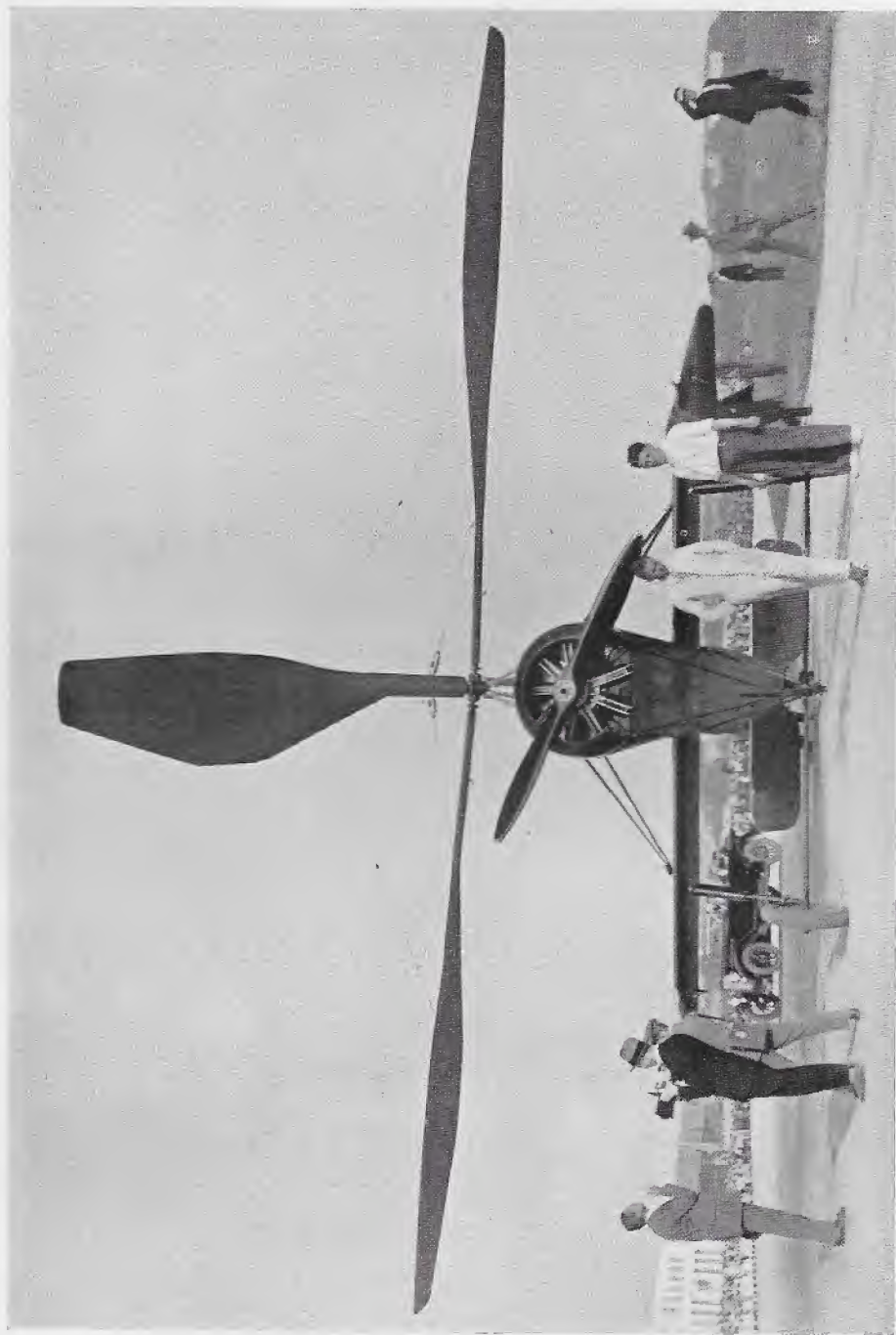



Fig. 1. - Disposizione generale dell'apparecchio, con motore all'esterno della fusoliera e due motori alla estremità delle ali. — Fig. 2. - La stessa macchina provvista delle piccole superfici S di controllo, alla estremità della fusoliera. — Fig. 3. - Modifica dell'apparato motore alle estremità delle ali: esso è sostituito da getti fluidi agenti per acqua.

vincere dalla tentazione dei voli della fantasia, attingendo unicamente alle meraviglie già tanto ricche che solo e realmente la Scienza finora ci ha mostrate, noi dovremo a questo punto allargare alquanto la stretta con cui abbiamo tenuta imbrigliata la fantasia e la lascieremo qualche volta un poco più spaziare nel cielo delle intuizioni e delle visioni che alla nostra mente apriranno queste poche ma assai pensose parole: *il domani del mondo*.

Qualche volta ci sembrerà di rasentare la *féerie*. Ma dica un po' il lettore: se uno degli uomini che venissero solamente mezzo secolo

Autogiro di La Cierva.

fa riaprisse oggi gli occhi a tutte le luci di questa nostra vita meccanicamente tumultuosa, non gli parrebbe di assistere ad una ben fantasiosa *féerie?...*

***

La prima conquista a cui tenderà con tutto il suo spirito l'uomo di domani sarà quella dello spazio ch'è sopra di noi.

Essa già s'è iniziata da alcuni decenni con la conquista dell'aria. I prodigi che l'aviazione è riuscita a compiere sono diggià qualcosa di più che una buona promessa. Dal primo sommario aeroplano di Wrigth al cavallo volante di Ferrarin s'è aperto il ciclo delle vittorie sul cielo che ogni giorno, si potrebbe dire ogni ora, riafferma la volontà piena e decisa dell'uomo moderno di farsi padrone di quelle plaghe aeree che sino a quarant'anni fa parevano inesorabilmente a noi contese.

La grande conquista avrà dunque due fasi: la padronanza dell'aria e quella dello spazio sopra le ultime zone della *stratosfera* che ci sovrasta.

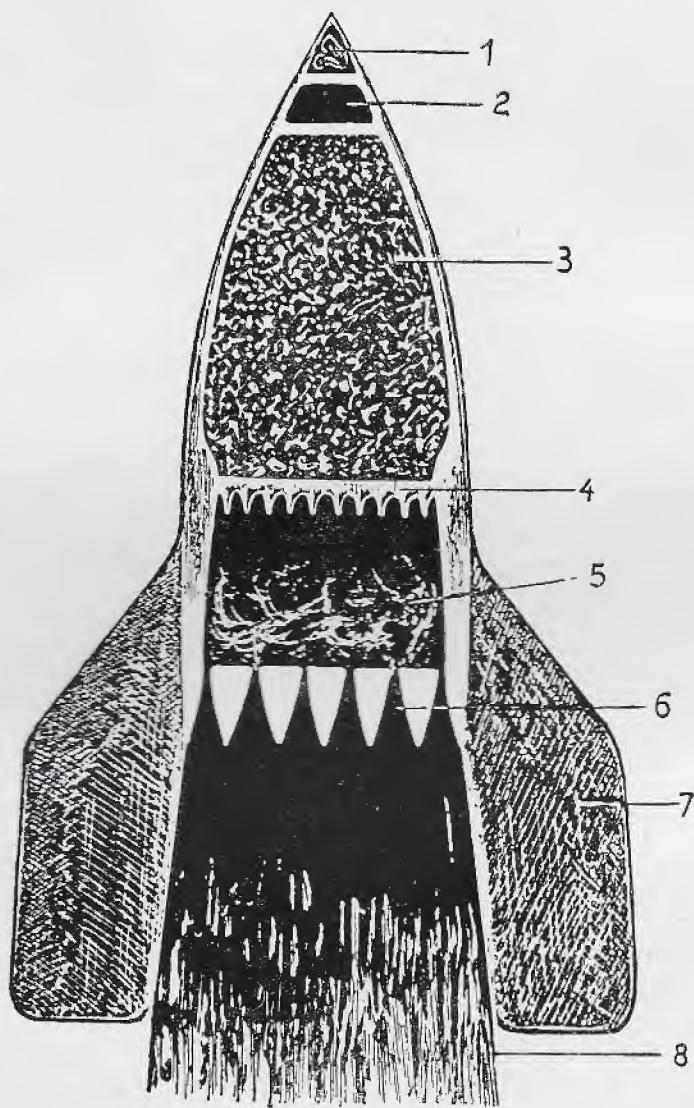
Se i primi dodicimila metri in altezza della nostra atmosfera respirabile già sono stati definitivamente conquistati alle nostre ali, ora si comincia a pensare alle maggiori altitudini. Per raggiungere le zone atmosferiche ove l'aria è estremamente rarefatta bisognerà risolvere alcuni formidabili problemi, ai quali però l'uomo già s'è accinto con serena baldanza. I problemi sono duplici: per l'uomo che volerà e per la macchina ch'egli dovrà condurre il più alto possibile. L'uomo dovrà trovare il modo di poter respirare e la macchina la forza d'impulso che possa far a meno del sostegno dell'aria. La cabina ermetica fornita d'aria e sottoposta alla pressione indispensabile all'uomo che vi sarà dentro verrà scoperta e costruita. E la forza nuova che spingerà la macchina ad altezze fantastiche già si sta studiando. Intanto l'autogiro del La Cierva e l'elicogiro di Vittorio Isacco già ci stanno dicendo sopra quali strade si vada mettendo l'ascensione verso le grandi altezze verticali. E allora si potrà in poche ore — lo dicemmo al cominciare di queste nostre pagine — innalzandoci a perpendicolo da Roma ricadere, con leggerissima deviazione, a Nuova Yorck! Le distanze sulla terra verranno quasi annullate.

Il primo *autogiro* di La Cierva in pieno volo sopra Filadelfia.

Già l'ing. Caproni, alcuni anni fa, aveva pensato ad un motore ad ali rotanti, quindi la priorità del concetto è nostra. L'*elicottero* è la prima applicazione pratica. Tanto questo che l'*elicogiro* e l'*autogiro*, sono diggià molto lontani dall'aeroplano che pure tante vittorie nell'aria ci ha dato. La differenza tra l'*autogiro* dello spagnuolo La Cierva e l'*elicogiro* dell'italiano Vittorio Isacco sta nel fatto che nel primo la rotazione delle ali è un effetto della traslazione, mentre nell'elicogiro Isacco la rotazione è ottenuta col mezzo di motrici montate sulle ali.

Dalla relazione che l'ing. Isacco, nel marzo 1929, ha letta alla Reale Società Aeronautica di Londra, ricaviamo tutte le notizie che ci possono interessare sopra questo suo *elicogiro*.

Il principio fondamentale dell'elicogiro è di ottenere la sospensione con due o più ali, articolate individualmente in tutte le direzioni sopra un mozzo comune, girante libero intorno ad un asse verticale. Alle estremità di ciascuna di queste ali sono montati dei piccoli motori con le rispettive piccole eliche producenti la rotazione delle ali intorno all'asse verticale. I serbatoi di benzina per questi motori ausiliari di ala sono montati nello spessore dell'ala, ognuno dei motori avendo così il proprio serbatoio alimentatore. Queste ali sono provviste di alettoni, che formano parte del loro orlo *(trailing)*; questi alettoni agiscono come gli elevatori di un aeroplano modificando l'incidenza dell'ala e la giacitura dell'apparecchio rispetto all'orizzonte.

L'autore afferma che l'articolazione, non solo nella direzione della forza portante, ma ancora nella direzione dello sforzo di trazione, è necessaria per impedire la rottura delle ali nel punto in cui si collegano al mozzo centrale, e dove si abbiano cambiamenti di carico dovuti alla periodica variazione dello sforzo di trazione. L'inventore rivendica al proprio apparecchio il fatto che la sua efficienza è maggiore di quella di qualsiasi altra macchina ad ali rotanti, pel fatto che l'asse di rotazione è verticale, evitando per tal modo la componente perpendicolare al piano di rotazione, essendo questa componente, secondo egli afferma, la causa della poca efficienza delle ali rotanti ad asse inclinato. Calcoli appositi dimostrerebbero che il rendimento dell'apparecchio — rapporto fra la forza di trazione — non è sensibilmente diverso da quello dell'ala tipica di aeroplano

Schema del razzo interspaziale.

(da *Willi Gail*).

(differenza circa il 5 %) avente lo stesso profilo e lo stesso angolo di incidenza.

Si ammette, come condizioni essenziali per volare verticalmente che l'apparecchio debba possedere un grado di stabilità propria automatico ed una stabilità comandata dal pilota. L'inventore afferma che con il serbatoio nelle ali la prima condizione è senz'altro soddisfatta, mentre la seconda lo è applicando centralmente delle piccole superfici tra le ali, stabilmente collegate alla macchina.

Il primo apparecchio, costruito a scopo sperimentale, sollevò 843 kg. con 100 HP di potenza applicato alle ali. Quello che, mentre scriviamo si sta costruendo nelle officine Saunders, nell'isola di Wight per conto del Ministero britannico dell'Aria, è composto da una normale fusoliera da velivolo, con carrello d'atterramento, ma sulla fusoliera, invece delle solite ali, reca montate sopra una colonna cava di metallo, quattro strette ali che ruotano sulla colonna stessa. Sull'orlo anteriore di queste ali è montato un motorino di 32 cavalli a due cilindri che dà impulso ad un'elica orizzontale. Quando i quattro motori entrano in funzione tutto il sistema delle quattro ali ruota rapidamente sulla colonna. Anche i quattro motori ruotano con le ali. Si ottiene così una poderosa forza ascensionale. La inclinazione delle quattro ali viene modificata dagli alettoni comandati dal pilota.

Questo elicogiro deve sollevarsi verticalmente dal suolo senza la rincorsa: appena distaccato da terra il pilota mette in azione il motore e l'elica, e può volare orizzontalmente. Può, quando vuole, sospendere il movimento orizzontale e liberarsi in aria con le quattro ali rotanti. Quando vuole discendere verticalmente il pilota regola il movimento di discesa con gli alettoni e può rimanere *anche immobile* nel punto esatto dove tocca il suolo.

Questo ci dice l'ing. Isacco nella sua relazione. Egli ha costruito già tre modelli. I primi due, a sole due ali rotanti il primo ed a quattro alternate il secondo, furono costruiti per il Governo francese. L'ultimo che abbiamo descritto è quello per il Ministero inglese.

Siamo ai primi passi e ci conviene attendere le prove decisive. Ma il principio è lanciato...

***

Ben più fantastica sarà la conquista dello spazio.

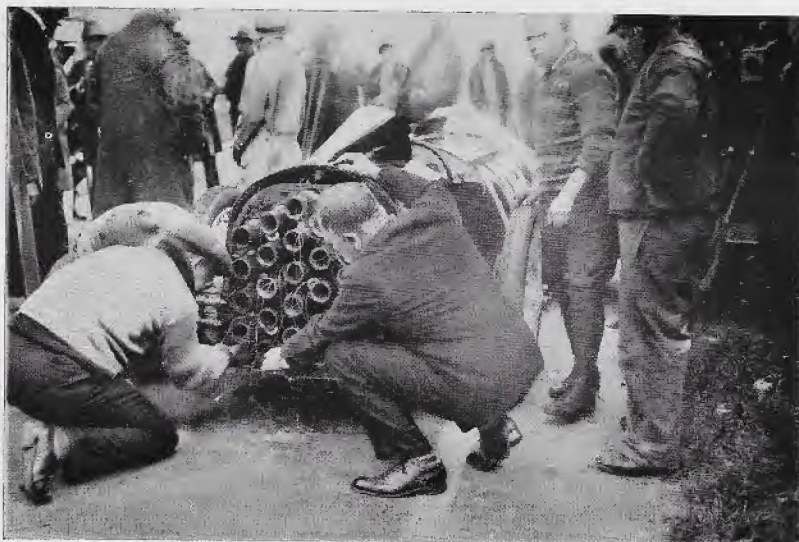
Essa fu sempre il sogno degli uomini. Da Luciano il Samosate a Cirano di Bergerac, da Giulio Verne a Wells romanzieri, ai nostri conferenzieri di oggi che ne esaminano le possibilità, il fanta-

L'auto-razzo di Opel.
Primo esperimento pubblico del 23 Maggio 1928 sulla pista dell'Avus a Berlino.

stico ideale passò dall'antichità a noi come un bell'ideale forse irraggiungibile ma intensamente desiderato.

Nel 1907 alla *Società Astronomica di Francia* l'aviatore e costruttore Roberto Esnault-Pelterie, lesse una sua memoria irta di cifre nella quale ha analizzato il formidabile problema, cercando il principio sul quale ci si può fondare per rendere realizzabile un viaggio nelle regioni planetarie.

Tutti gli apparecchi, ci ha detto, da noi impiegati sinora per sollevarci dal suolo prendono appoggio sull'atmosfera. Come fare

dunque per colassù ov'essa più non esiste?... Ci occorre creare un motore che possieda queste due potenzialità: sfuggire all'attrazione terrestre che c'inchioda sulla terra, e che non abbia più bisogno dell'aria per salire. Sarà possibile trovarlo?... Guardiamoci intorno. Per salire sù, verso l'altro grande mondo ch'è sopra di noi, cominciamo a considerare quel che già possediamo in questo così piccolo sul quale posiamo i piedi. Noi abbiamo cose che si spostano senza bisogno del punto d'appoggio. Il fucile, il cannone non rimbalzano in-

Il motore dell'auto-razzo di Opel.

dietro quando esce il proiettile?... Il « carrello idraulico », vecchio strumento dimostrativo delle leggi dei liquidi nei gabinetti di scuola di quando eravamo studenti, ci mostrava che quando l'acqua sfugge con impeto da un foro posteriore del recipiente ripieno d'acqua, l'apparecchio montato sopra ruote si metteva a camminare nel senso opposto all'uscita del getto d'acqua.

Il *razzo!* Ecco il segreto. Qui non è più la forza dell'acqua che lo lancia vertiginosamente verso il cielo ma quella del fuoco. La carica di polvere che brucia gradatamente fa innalzare il razzo per

effetto del rimbalzo che corrisponde alla proiezione verso il suolo dei prodotti della combustione della polvere. Quando la polvere è finita il corpo del razzo ricade sulla terra. È l'attrazione terrestre, sorpresa e vinta per poco, che lo richiama alle sue leggi. Ma se questa polvere fosse sempre rinnovata sino a superare il limite dell'inesorabile attrazione terrestre?...

Sta tutta qui la soluzione.

Gli altri quesiti si risolverebbero dopo. L'orientamento del

L'aeroplano a razzi che nell'ottobre 1929 ha eseguito il suo primo volo.

razzo, la potente forza propulsiva occorrente, la mole gigantesca che dovrebbe avere il razzo capace di tanto, ed altri ancòra. Ma giacchè esso non si appoggia sull'aria per salire, una volta uscito dalla nostra atmosfera nulla impedirebbe al razzo viaggiatore spaziale di continuare a salire sù sù, nei grandi spazi che ci sono ignoti...

Questo ci ha detto Esnault-Pelterie, ed altro ancòra. Ci ha anche detto, per esempio, che tutti questi problemi che per ora ci s'affacciano difficilissimi, a lui non sembrano assolutamente insolubili.

Tant'è vero che la Società Astronomica di Francia ha bene ac-

colta la proposta, da lui e dal suo collega André Hirsch presentata, di istituire un premio annuale di cinquemila franchi per incoraggiare e provocare le ricerche scientifiche atte a preparare le esplorazioni degli spazi interplanetari.

⁂

Ed ora analizziamo brevemente per conto nostro il problema avvenirista.

La gravità! Il primo dei problemi, certamente, che ci si presentano per tentare quest'impresa, ed anche il più immediato come quello a noi più vicino e intimamente legato.

Ogni nostro movimento è controllato dalla gravità!

Sì, la gravitazione è una grande forza. Ma se andiamo bene a vedere è la più debole delle forze che conosciamo. Che cos'è essa davanti all'energia molecolare che si sviluppa quando un pizzico di sale viene sciolto in un bicchier d'acqua? E a quella del radio? E di fronte a tutte le ancòra ignote per noi forze elettriche che dominano l'Universo? Il nostro lettore ne ha avuta un'idea.

Il problema dei viaggi spaziali è connesso perciò alla conquista che un giorno faremo delle grandi forze per noi ancòra latenti e inutilizzate. Il solo fatto che il radio immagazzina una riserva di energia *cinquemila* volte superiore a quella che può sviluppare il più potente esplosivo che possediamo ce lo fa comprendere.

Se potremo un giorno farci padroni di una forza capace di mandarci — sotto forma di razzo o di cabina-proiettile qualsiasi — sino ai confini dell'atmosfera i nostri viaggi interplanetari potranno cominciare.

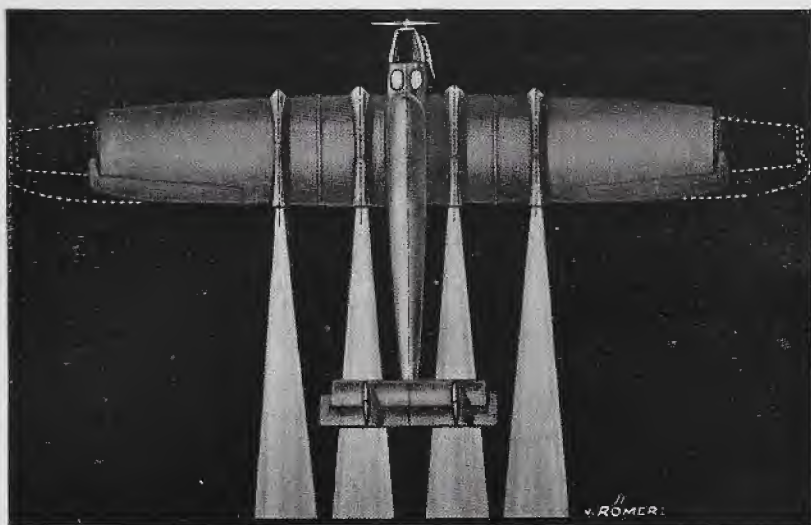
Se noi potessimo in qualche modo — ci ha detto l'americano Dolbear — mettere « un piede » nell'etere, la navigazione nello spazio sarebbe risolta.

Il primo che ha manifestata la possibilità teorica del volo oltre la zona dell'attrazione terrestre fu proprio Newton, il grande maestro della gravità. Ed egli si basò sul *rinculo* delle armi da fuoco.

L'idea fondamentale del *razzo* quindi — che ora è divenuta di attualità — è d'Isacco Newton! Oggi si pensa di sviluppare un nuovo principio di propulsione che in un non troppo lontano avvenire li-

beri l'umanità dalla forza-madre che la tiene prigioniera sulla terra. Questo propulsore principe di domani non può essere che il razzo.

Il razzo sarà il motore dell'avvenire.

Il maggio del 1928 ha veduto realizzarsi la partenza del primo veicolo terrestre azionato dallo scoppio della polvere — l'*automobile-razzo* di Opel — e il suo buon successo, sebbene pagato a prezzo di

Il primo progetto di Valier con i quattro razzi principali sulle ali.

qualche incidente tutt'altro che incruento, ha incoraggite le speranze e rassodata la fede nei propugnatori della nave aerea a razzo.

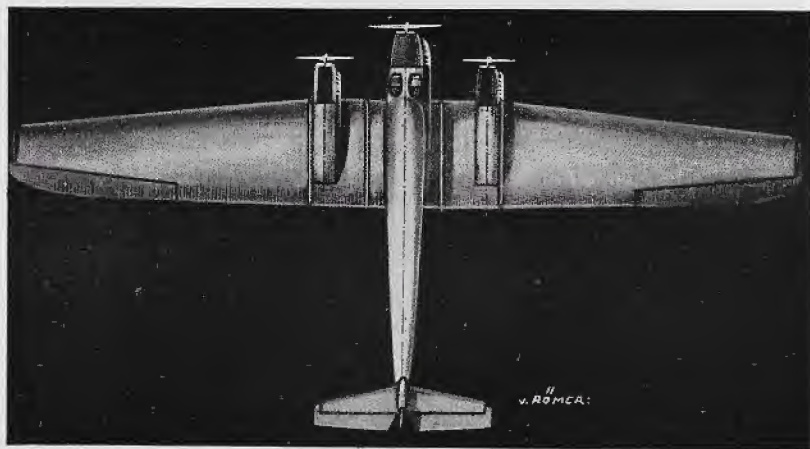
Dall'automobile all'aeronave!... Verrà il pilota che condurrà il passeggero sul suo razzo viaggiante nelle plaghe sconfinate del mondo spaziale?...

Il mondo sta diventando piccolo per le ambizioni degli aeronauti! Il sempre crescente aumento delle velocità infrangerà la corazza che la gravità e le altre forze della terra hanno sinora opposto all'audacia dei volatori?...

Il sogno dello spazio! Correre attraverso il mondo degli astri! Ecco l'ideale dell'aviatore di domani.

***

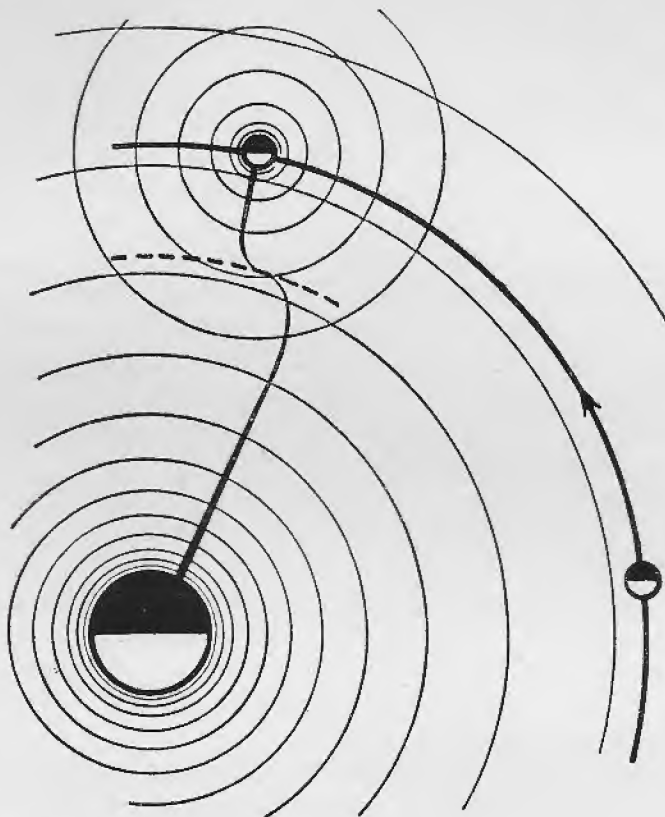
L'americano Roberto Goddard ha pubblicato nel 1919 un libro sulla *raggiungibilità delle estreme altitudini con la forza di rinculo del razzo.* Poi cercò di realizzarla.

Fece moltissime esperienze con razzi lanciati a notevolissime altezze. Nel 1924 ideò un suo razzo gigante della forma di una tor-

Il tipo Valier 1926.
(Ma ancòra aeroplano-razzo con le ali).

pediniera, lungo 8 metri e caricato a nitro-celluloide. La carica, secondo il progetto di Goddard, doveva essere divisa in sezioni, in modo da poter eseguire durante l'ascesa successive esplosioni. Questo razzo gigante doveva essere inviato sulla luna. Lanciato verso di essa doveva superare il limite dell'attrazione terrestre ed entrare nella zona di quella lunare. Percotendo la superficie del tranquillo nostro satellite si sarebbe incendiata una carica di polvere illuminante posta sulla punta del razzo. Il fortissimo lampo di luce da essa sprigionato sarebbe stato veduto dai nostri telescopi...

Il razzo-gigante di Goddard è rimasto però teorico.

Sempre nel 1924 il tedesco Hermann Oberth ideò la sua « nave

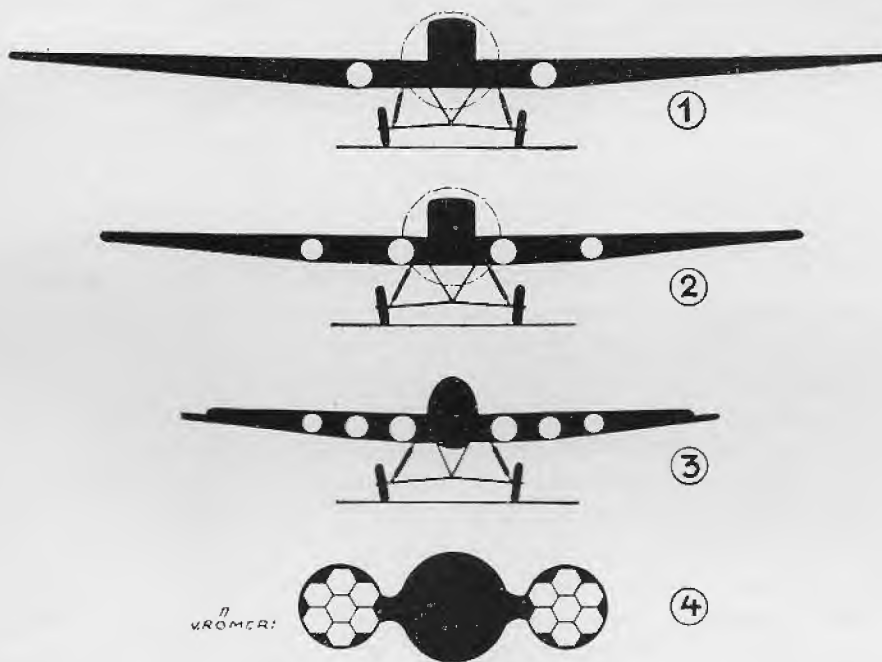
dello spazio » ma non trovò finanziatori. La Germania era ancòra troppo vicina alla guerra per potersi occupare di simili cose. Oberth si rifece col pubblicare un libro: *I razzi negli spazi planetari*, nel

I vari circoli di attrazione fra la Terra e la Luna.
(La linea punteggiata indica il limite neutro).

quale descrive in modo scientifico la possibilità di un viaggio nello spazio. In questo libro troviamo pure disegnati e spiegati con tutti i particolari due grandi razzi che l'autore ci assicura capaci di arrivare sino *almeno* alla Luna. Il libro dell'Oberth ha suscitato molto interesse fra i competenti, anche perchè appoggiato a seri calcoli di matematica superiore.

La differenza principale fra il razzo dell'Oberth e quello di Goddard è questa: mentre Goddard adopera polvere esplosiva solida, l'Oberth è ricorso per la forza ascensionale al gas a scoppio liquido. È noto come il gas a scoppio possegga un'energia tre volte superiore a quella di qualsiasi polvere esplosiva, anche della nitro-celluloide.

L'Oberth ha, dopo, costruito (ma pel momento solo sulla carta) un razzo nuovo a tre scompartimenti, il quale, secondo i suoi calcoli, potrebbe sollevare due persone sino alla luna. Praticamente questo razzo dovrebbe avere l'altezza di una casa a quattro piani! Oberth adoprerebbe come carica una miscela di alcool e d'ossigeno, materia pesante ma che può sviluppare una forza intensa attraverso gli strati d'aria più densi. Appena la miscela ha compiuto il suo lavoro la parte inferiore del razzo automaticamente si stacca e cade. Subentra subito il razzo mediano, parimenti alimentato dall'alcool, che si spinge più avanti raggiungendo la velocità di 4 o 5 chilometri *al secondo*. Consumato anche quest'alcool pure la parte mediana si stacca e viene abbandonata. Allora s'incendia il razzo caricato di gas a scoppio, cioè l'ultima parte superiore che accelera la velocità sino ai 12 chilometri al secondo e conduce la punta, ov'è posta la cabina dell'osservatore ermeticamente chiusa e resa respirabile da appositi apparecchi d'ossigeno condensato, nello spazio.

Nel 1926 s'è costituita a Vienna, allo scopo di realizzare le idee dell'Oberth, una associazione per la ricerca di mezzi di sollevarsi nello spazio — la *Gesellschaft für Raumforschung* — diretta dal dott. Hoefft. V'appartengono studiosi e scienzati di valore, appassionati del problema. Analoga società è sorta nel 1927 a Breslavia col titolo di *Associazione per la navigazione nello spazio:* essa pubblica anche un periodico *Il razzo*. Si propone di rendere possibile mediante la raccolta di fondi la realizzazione della navigazione a razzi. Per ora si è limitata a costruire un piccolo razzo sperimentale, e cioè un apparecchio registrabile di 120 cm. di diametro e del peso di 30 Cg. dei quali 8 per l'involucro e per gl'istrumenti di registrazione, i rimanenti 22 Cg. distribuiti così: 7 Cg. di alcool e Cg. 15 di ossigeno liquido. Il rapporto fra la materia da propulsione e il « peso utile » è dunque di 22 a 8, o di 3 a 1. In proporzione quello che dovrebbe servire per arrivare alla Luna dovrebbe contenere 20 Cg.

di materia propulsiva per ogni chilogramma di « peso utile » (*Nutz-last*, carico effettivo, ossia in aeronautica *peso* o *carico utile)*. Il razzo sperimentale dovrebbe salire con la velocità di 30 metri al secondo, raggiungere un'altezza di 100 chilometri e poi ricadere mediante un

I diversi stadi di sviluppo degli apparecchi di Max Valier.
I circoli bianchi sono i razzi i quali aumentano di numero mentre le ali vanno raccorciandosi sino a scomparire.

paracadute. Cioè dovrebbe salire trenta volte di più che non possa farlo la migliore aeronave. Arriverebbe in tal modo al limite della nostra sfera d'aria...

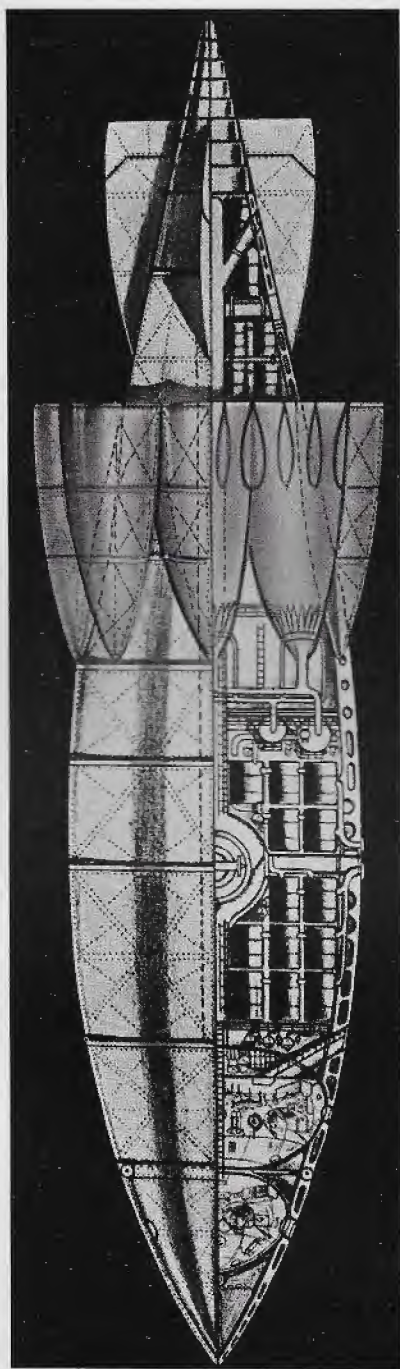
Mentre scriviamo (novembre 1929) abbiamo notizie che l'Oberth sta preparando i primi esperimenti con i suoi razzi che farebbe esplodere in un'adatta località presso Horst (Treptow) in Germania, Pomerania. Spera di poter raggiungere i 70 chilometri

verticali. Il suo nuovo razzo è carico d'aria liquida e recherebbe con sè strumenti adatti per riportare a terra dati preziosi per la conoscenza degli alti strati atmosferici.

Otto Willi Gail, in un suo curioso quanto interessante libro intitolato *Mit Raiketenkraft ins Weltenall* (Con la forza del razzo nell'Universo) ci parla dell'apparecchio ideato per volare nello spazio da Max Valier, un giovane volatore di Monaco ma originario dell'Alto Adige (Tirolo). L'aeronave del Valier è un tipo di mezzo fra la macchina a propulsione e quella a razzo.

In un capitolo del suo libro il Willi Gail esamina quali siano i quesiti pratici da risolvere. E li riassume in questi: aria, pressione, freddo, mancanza della gravità. Come potrebbe vivere l'uomo senz'aria e senza la sua pressione, nel terribile freddo spaziale (lo zero assoluto, —373°), lontano dalla madre-forza di gravitazione terrestre che lo tiene in piedi?... Fatto un rapido raffronto col sottomarino, pel quale i due primi problemi sono stati risolti, il Gail ci risponde: per l'aria si provvede con la stessa immagazzinata allo stato liquido ed il calore verrà procurato da uno « speciale concentramento solare ». Per la gravità... dice questo: « All'inizio del viaggio vi sarà senza dubbio qualche inconveniente, ma... ci penseranno gl'ingegneri dell'avvenire!... ».

Ritornando al progetto di Max Valier, sua mèta sarebbe la Luna, per ora. Poi... si vedrà. Il suo apparecchio intanto vuol essere un passaggio graduale dalla aeronave comune alla futura « nave dello spazio » sostituendo gradatamente l'impulso propulsivo con quello a razzi.

È noto come i voli oceanici di questi ultimi anni ci hanno dimostrato quante insidie presentino alle aeronavi le grandi traversate marine per le foschie e le tempeste d'aria. Ma se si potessero portare sopra i 12 mila metri le cose cambierebbero, perchè a questa altezza non esistono più nuvole nè corre il vento. È la zona della quiete e l'aria rarefatta presenta pochissima resistenza: si potrebbero quindi raggiungere velocità di volo grandissime. Ma le nostre navi aeree ad elica mai potranno attingere a questa zona di quiete perchè oltre i 12 mila metri non funziona più nessun motore a scoppio nè alcuna elica può più girare. Vediamo che cosa potrebbe fare la nave aerea dell'avvenire. Pervenuta a questa altezza con i

Sezione del razzo Valier senza ali.

(da *Willi Gail*).

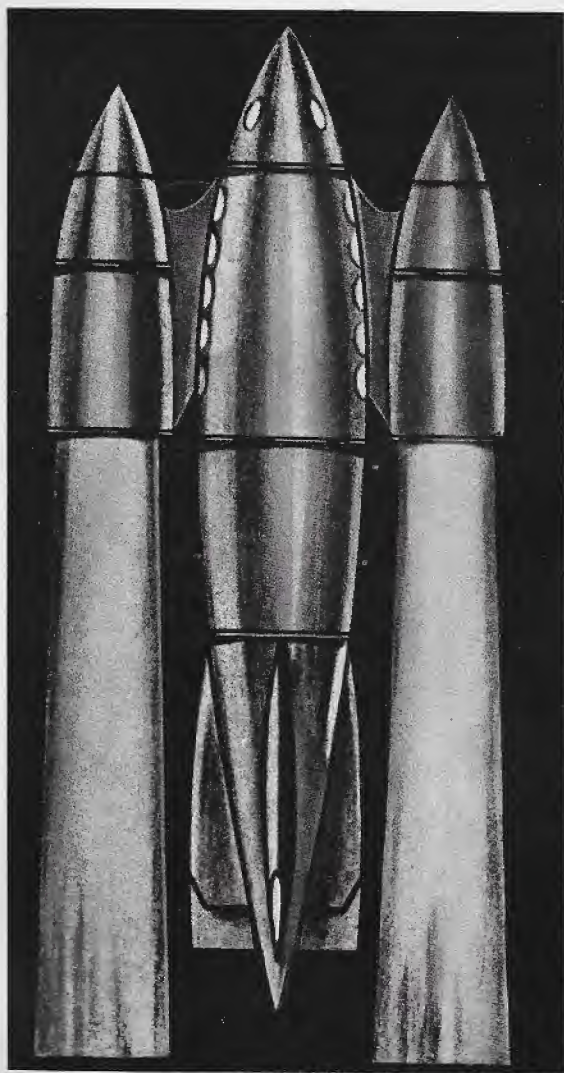
mezzi comuni metterebbe in azione i motori a razzo i quali non hanno bisogno di un mezzo aereo per funzionare, ci dice Willi Gail. (La combustione della polvere o del gas liquido può però avvenire regolarmente nell'aria molto rarefatta?... è una domanda che possiamo farci). Si raggiungerebbe così la *stratosfera*, ch'è la zona atmosferica compresa fra i 20 ai 50 chilometri d'altezza secondo alcuni, e che costituirebbe il vero elemento per il volo delle navi a razzo. Quivi l'aria priva di resistenza permetterebbe di raggiungere fantastiche velocità. Secondo il Valier il tratto Berlino-New-York sarebbe percorso in un paio d'ore.

È indubitato che il razzo ha un avvenire come motore. Ma deve potersi dirigere. Questo si potrebbe ottenere con l'orientamento del razzo propulsore e la messa in opera di razzi laterali che permetterebbero di regolare a volontà la direzione della traiettoria. Certo che per noi d'oggi le difficoltà che presenta la messa in opera di un razzo gigantesco simile, capace di effettuare viaggi interplanetari, non ci sembrano tanto facili da superare. Per un proiettile del peso di mille chilogrammi occorrerebbe una forza propulsiva di 150.000 cavalli, che richiedono un esplosivo tale da sviluppare mezzo milione di calorie al chilogramma, cioè 360 volte più della nitroglicerina! Per ora non possediamo nessuna combinazione chimica che possa fornirci un'energia così potente. Ma i propugnatori convinti del motore-razzo non si sgomentano: essi sperano nell'inventore del domani che procurerà loro anche l'esplosivo occorrente alla nave aerea dei loro ideali.

Che cosa ci dirà l'avvenire?... Si realizzeranno questi progetti?... Volerà l'uomo attraverso le stelle?... Porterà il suo spirito inquieto e curioso da un pianeta all'altro?...

***

L'Esnault-Pelterie che già nominammo, e ch'è un costruttore ed aviatore parigino ben noto, è sicuro di sì. Per divertimento dei lettori riassumiamo la descrizione di un viaggio alla luna, e poi attraverso i mondi, ch'egli ha esposto in questi giorni ai soci della *Royal United Institution* di Londra.

Così egli ha parlato ai suoi uditori inglesi: — È solo il razzo

Il terzo tipo di Valier senza ali.
È l'aeronave a razzi evoluta dai due primi tipi.

che vi potrà dare, signori miei, una buona partenza rapida e progressiva. Non posso promettervi però una partenza senza qualche scossa... Vi posso però dire che se vorrete uscire dal nostro mondo vi occorrerà raggiungere in una frazione di secondo la velocità di

L'aeronave a razzo di Max Valier a terra.
Questo tipo ha ancòra un motore a benzina assecondato da 4 razzi.

11.180 metri per minuto secondo. Però, se utilizzerete gli ultimi perfezionamenti ed adoprerete come combustibile l'idrogeno atomico che i chimici presto ci fabbricheranno, potrete contentarvi di soli 9 chilometri al secondo. A questa andatura, in 12 minuti e 30 secondi voi vi troverete già a 3185 chilometri lontani dalla terra.

Potrete allora spegnere il gas: il vostro veicolo continuerà la marcia per sola virtù della velocità acquisita. V'innalzerete ancòra durante 48 ore e 30 minuti. Ed eccovi giunti al punto in cui la manovra diventa molto delicata. Vi siete domandati come calerete sulla superficie della Luna? In paracadute? Non è pratico. Io che lo so vi dirò

Lanciata verso lo spazio, affidata solo ai proprî razzi propulsori...

che cosa dovrete fare. Sentite. A 250 chilometri dalla superficie solare voi capovolgerete gradatamente il vostro razzo, ed avanzando poi con la parte posteriore riaccenderete il gas. In tal modo avrete frenata la vostra caduta e sbarcherete sulle rive del mare della Serenità freschi come se usciste dal vostro letto. Dopo qualche giorno impigato in escursione sui monti Appennini o ad esplorare le cupe profondità dell'abisso di Copernico e le altre curiosità della Luna (che tutto ci porta a credere essere piuttosto limitate) voi deside-

rerete ritornarvene sulla Terra. Semplicissimo. Il viaggio di ritorno vi presenterà la stessa facilità di quella dell'arrivo. Rimonterete sul vostro razzo, spingerete il bottone dell'ormeggio: l'idrogeno atomico s'infiammerà ed eccovi rilanciati! Per due giorni vi dondolerete mollemente negli spazi interplanetari, ed un bel mattino, a 33 mila chilometri all'ora, che sarà la velocità massima della quale potrete disporre verso la fine del periodo di propulsione, voi raggiungerete il primo strato dell'atmosfera terrestre. È qui che bisognerà aprire bene gli occhi e stare attenti. Dovrete cominciare a frenare verso i 2300 chilometri da terra, il punto ove nell'andata avevate cessato di propulsare. Ma non potrete far uso del paracadute che vicinissimi al momento di atterrare. E cioè verso gli ultimi chilometri che vi separano dalla terra.

Dopo questo primo viaggio, vi accenderà il desiderio di fare un viaggetto a Marte od a Venere? Vi darò le istruzioni necessarie per compierlo felicemente. Per raggiungere l'amabile pianeta (Venere) che rallegra le nostre serate terrestri d'estate, voi dovrete viaggiare 35 ore e 40 minuti, facendo intorno ai 42 milioni di chilometri a l'ora. Un bel viaggio e una bella velocità: ma per andare a Marte il tragitto è un poco più lungo. Vi arriverete dopo 49 ore e 20 minuti con 78 milioni di chilometri a l'ora! Per le tariffe, dovrete rivolgervi agli agenti dell'Agenzia che eserciterà i viaggi interplanetari...

Fu fatta qualche domanda al conferenziere. « In quale misura voi credete — gli fu chiesto da uno degli ascoltatori — signor Esnault-Pelterie, a tutte queste graziose storielle che ci avete raccontato?... ». L'aviatore e costruttore studioso quanto imaginoso ha risposto: « Entro cinque anni, se non prima, qualcuno sarà salito sino ai 200 chilometri! Non beffiamo i precursori. Ricordate quante ironie si sono dovute godere coloro che pretendevano poter volare sopra una macchina fatta di legno e di tela. Poveri pionieri! Noi non andremo forse nella luna, ma, fra qualche anno noi potremo esplorare l'atmosfera sino a qualche centinaio di chilometri d'altitudine. Sopra questo io non ho dubbio alcuno ».

***

Fantasie. È vero. Ma anche possibilità dell'avvenire. Intanto godiamo ed ammiriamo i prodigi reali dell'aviazione moderna. De Pinedo, Ferrarin, De Bernardi, Byrd... Le stransvolate oceaniche, le *R. 100* che sono le nuove grandi aeronavi inglesi, i moderni *Graf*

Nella cabina del manovratore del razzo
nel momento dell'ascesa.

Zeppelin tedeschi, la rete europea della *Luft Hansa,* i trasporti commerciali nel mondo per via d'aria, il nostro mondo veduto dall'alto a volo d'uccello, gli aerodromi galleggianti dell'ing. Armstrong tra Nuova Yorck e le Azzorre, tutti i progetti e le realtà ai quali ogni giorno i grandi cantieri mondiali aeronautici danno vita... Possiamo esserne contenti e trarne affidamento per il domani che ci si promette.

E ci si promette molto. Come pure in un altro campo: quello

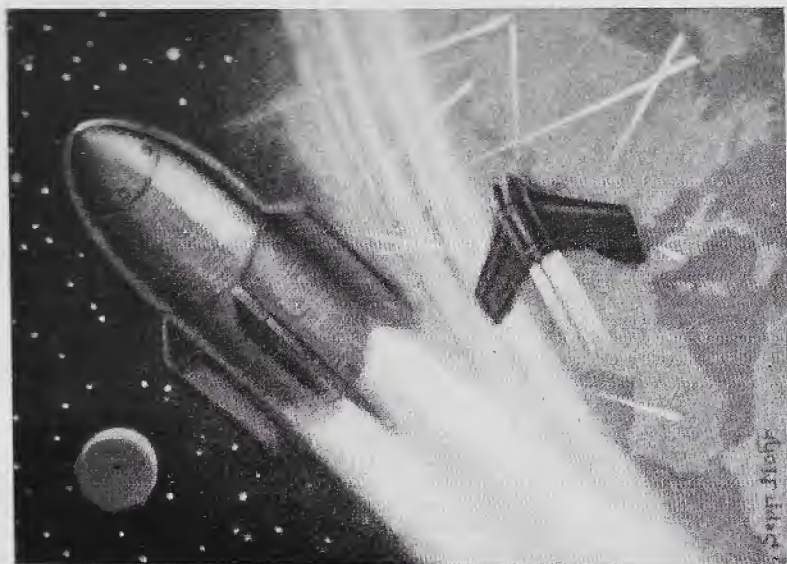
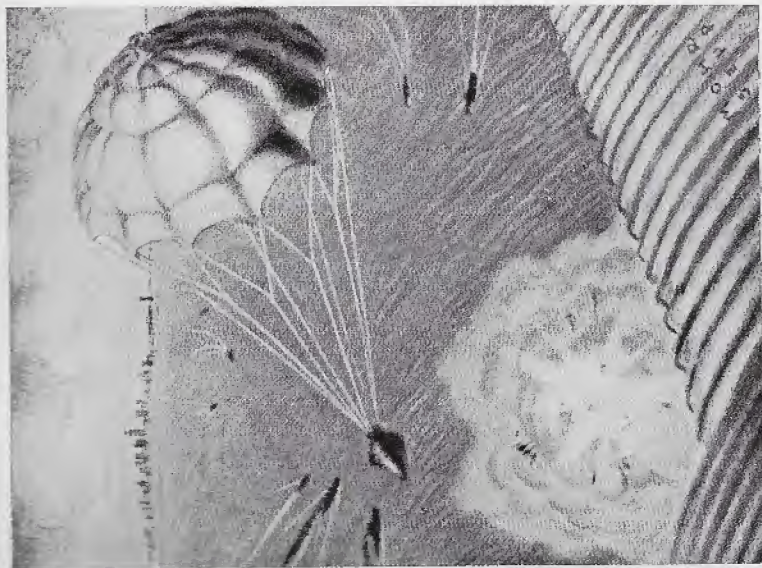
dell'auto-veicolo. Anche per questo le idee nuove sono parecchie, e in buona parte già attuate. Movimento anteriore, elica... Ma lascieremo parlare le nostre figure. Ci diranno tutto.

⁂

Molti romanzieri si sono sforzati di dipingerci con la fantasia quale potrà essere il nostro mondo di domani. Ricordiamo il

Atterramento a Nuova Yorck con il paracadute.

Bellamy con la sua vita nel duemila, il Wells ed altri. Ma l'unico che ha potuto vedere in gran parte realizzate le sue previsioni fu Giulio Verne (morì nel 1905): il sottomarino, il dirigibile, ed ora persino il suo viaggio alla Luna che vede ripreso e studiato, diciamo pure così, sul serio... Il Verne ha persino, in una sua novella poco conosciuta, intuito il moto ascensionale in linea verticale, e cioè

LE BELLE IDEE DI MAX VALIER.

A 200 km. d'altezza la nave dello spazio abbandona il razzo propulsore e continua da sola il viaggio...

Il primo razzo postale arriva alla costa americana. Un paracadute porta il carico a terra. Il razzo lanciatore esplode automaticamente in alto per non arrecare danni all'abitato.

(da *Willi Gail*)

la forza che s'oppone alla gravità, che è, come sappiamo, uno dei problemi oggi più studiati.

Ed anche già v'è chi cerca rappresentarci quale potrà essere

L'ipotetico viaggio alla Luna.

Quando vi sarà un servizio fra la Terra e la Luna — ci dicono i convinti della Aeronautica interspaziale — la Luna servirà come stazione di smistamento per gli approdi negli altri pianeti!...

la vita e l'aspetto del mondo nei secoli che verranno. Ma non sono ora più i romanzieri soltanto, ma gli studiosi e scienziati. Diciamo intanto

che col progredire vertiginoso delle nuove invenzioni l'uomo dovrà finire per escogitare mezzi atti a... difendersi dalle stesse! Abbiamo parlato delle onde del pensiero e di quelle del calore che qualche futuro terribile meccanismo potrà proiettare a suo piacimento nella direzione meno desiderata. A questo pericolo ha pensato il professore A. M. Low, ch'è un giovane e imaginoso scienziato inglese

Fra la Terra e la Luna.

di buona fama. « Fra diecimila anni — egli ha detto ad un corrispondente della *United Presse* — uomini e donne dovranno portare dei copricapi d'acciaio per proteggersi contro le onde del pensiero e da quelle del calore... Una specie di elmetto da guerra! Per difendersi contro la civiltà divenuta pericolosa e dai progressi paurosi della scienza futura... il dott. Low ci spiega anche come sarà questo elmetto difensivo. Di metallo, sì, e propriamente di acciaio: ma non ricorderà davvero, soprattutto per il peso, quelli famosi dei tedeschi della guerra. No. Fra diecimila anni, ci assicura il dott. Low, la lavorazione del metallo sarà giunta a tale perfezione che si potrà laminare così finamente da farne delle vere stoffe con le quali saranno

confezionati i vestiti di questo futuro lontano (beninteso se gli uomini e le donne avranno più bisogno di vestiti, giacchè per le donne, specialmente, la tendenza parrebbe rivolta ad... eliminarli sempre di più!). Ma seguiamo pure il fantasioso scienziato inglese nelle sue piacevoli fantasie. Le donne dell'avvenire, egli assicura, porteranno le vesti di metallo filato per procurarsi calore elettricamente!... Ed a questo punto ci fa un vaticinio che le nostre lettrici (se questo libro ne avrà) dovrebbero meditare. La donna dell'avvenire, ci dice, si sarà modificata così da divenire un essere molto differente, fisicamente, dalla donna di oggi. Così, ad esempio il suo cranio, nel corso dei millenni, diventerà sempre più sottile, cosicchè il cervello dovrà essere protetto più efficacemente d'oggi dalle influenze del mondo esterno. Da cui la necessità dell'elmo difensivo... Ma altre cose pure molto interessanti ci ha detto dopo questo il dott. Low. Merita di lasciare senz'altro a lui stesso la parola:

« Fra qualche migliaio d'anni, portare un elmo d'acciaio sarà cosa sensata, perchè forse, in quell'età remota, ai miseri mortali occorrerà urgentemente una difesa contro i pensieri dei loro simili. Indubbiamente poi, in quell'epoca, gli scienziati saranno anche riusciti a trasmettere, senza fili, il calore. Sarà quindi tutt'altra vita di quella che viviamo in questo mondo di stufe a carbone o a petrolio, od anche di termosifone e di sole elettrico. Figuratevi che cosa accadrebbe, se l'uomo addetto alla stazione emittente di calore si addormentasse, dimenticando di consultare i suoi apparecchi di controllo! Ma non accadrebbe lo stesso alcuna sciagura, poichè il nostro capo sarebbe protetto da un elmo d'acciaio e il resto del nostro corpo da biancheria fatta di un fine tessuto metallico ».

***

Ma se la scienza di domani presenterà, come abbiamo veduto, degli strani pericoli darà pure all'umanità parecchi vantaggi. Uno di questi sarà, per esempio, quello di livellare tutte le razze del mondo.

I grandi predomini delle razze — per lo meno dal lato intellettuale — saranno scomparsi. E siamo già fin da ora sulla buona strada. I due ritratti che presentiamo ai nostri lettori ce ne danno il migliore affidamento. Eccovi il prof. George W. Carver, un negro

nato schiavo ed oggi professore all'Istituto di Tuskeget in America. Eccovi pure la prima fanciulla cinese, miss Mabel Ping-Hua-Lee, che

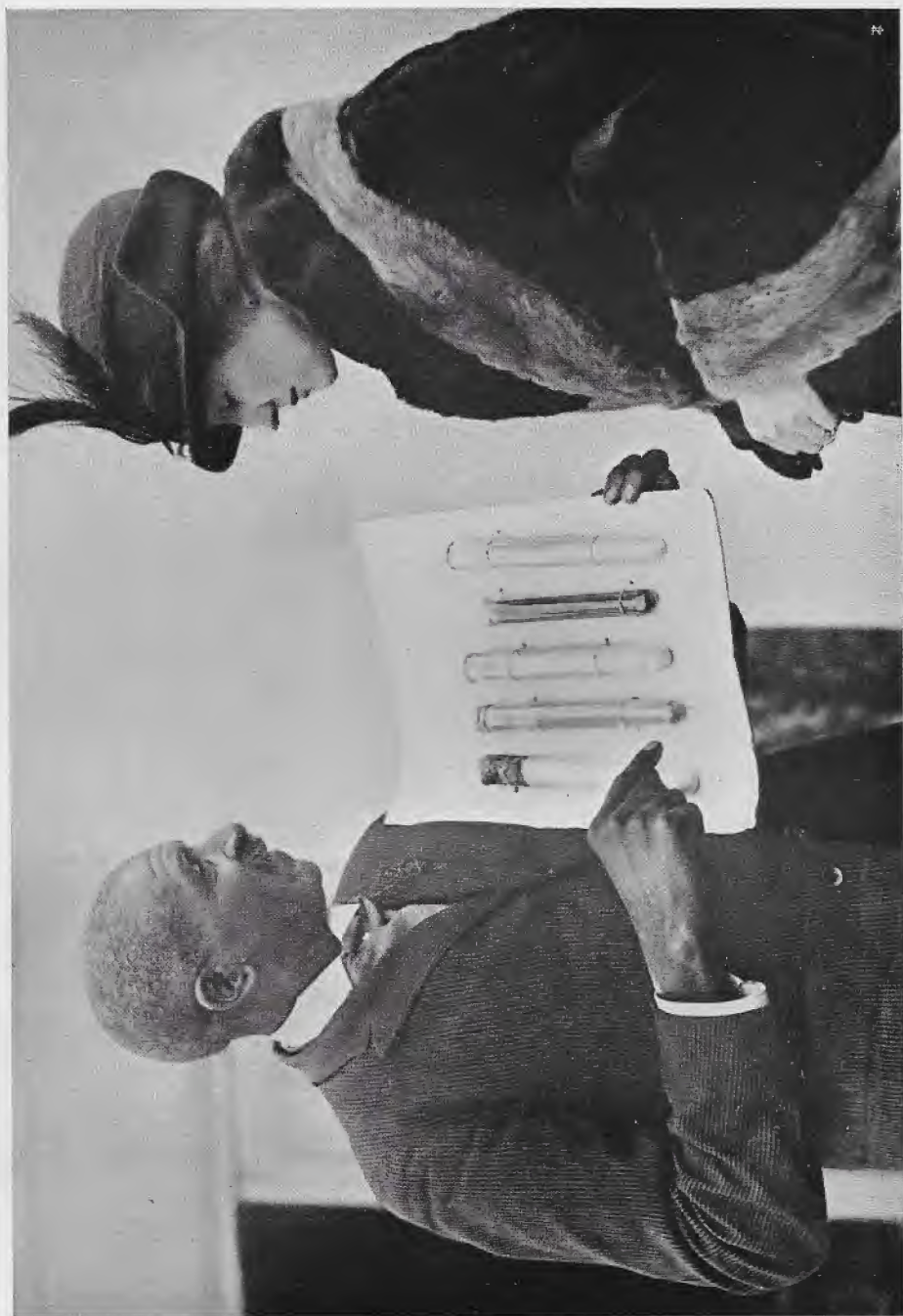
Dott. Miss Mabel Ping-Hua-Lee, la prima cinese laureata all'Università di Columbia.

s'è laureata alla Università di Columbia... Essi ci dicono come la razza negra — la parìa fra le razze del mondo — e la gialla, che

si credeva immobilizzata nella sua millenaria civiltà sonnolente, vanno cercando la loro parte nel soffio di civiltà rinnovatrice che investe il mondo.

I grandi progressi che la scienza arrecherà alle industrie darà fine, è da credere e da sperare, a qualsiasi lotta di classe. Quando la macchina avrà del tutto sostituito la mano dell'uomo e darà al mondo un'abbondanza di risorse che ora non possiamo che imaginare, avremo le « fabbriche senza operai ». Non vi saranno che dirigenti e sorvegliatori di macchine! Tutto sarà fatto a macchina, lo vedremo fra poco. Luce, calore, ogni cosa indispensabile alla vita, ogni bisogno per tutti gli uomini, sarà prodotto e largito automaticamente dalla macchina all'umanità, che potrà così godere finalmente del benessere generale. Non esisterà più, o quasi più, il lavoro abbrutente manuale: il lavoro sarà reso, tutto, più intellettuale. Poichè non vi saranno, ripetiamo, che direttori di macchine. Uomo e macchina formeranno un tutto intelligente: uno sarà il cervello che guida, l'altro sarà il braccio che lavora. Sarà dato quindi più largo campo al lavoro puramente intellettuale, scientifico e artistico. Livellate le classi, tutti gli uomini divenuti ruote di quel grande macchinario che sarà il mondo civile futuro, non vi dovrebbero più essere nè ricchi nè poveri. Giacchè in questa umanità veramente evoluta vi sarà solo l'*uomo*, padrone, e la *macchina* automatica, sua serva per tutti i bisogni della vita.

Se il quadro potrà sembrare a molti de' nostri lettori un po' troppo ottimista possiamo osservargli ch'esso vale tanto quanto, almeno, quello anzichenò impensierante del dott. Low. In ogni modo è certo che questo stato di grazia per gli uomini non potrà avverarsi che in un tempo purtroppo alquanto lontano dai nostri giorni!... Torna intanto interessante imaginarci quale potrà essere la vita sociale in un futuro molto a noi più vicino.

E cominciamo ad andare a ricercare il cittadino che vivrà dopo la fine del secolo ventesimo nel suo *home*, e cioè in casa sua. È da credere che per questa epoca si sarà realizzato « l'*home* scientifico » di cui tanto si parla in questi giorni. Di che si tratta? Semplicemente di questo: della casa che avrà messo al proprio servizio tutte le magnifiche comodità, le invenzioni piccole e grandi, ma specialmente le piccole che noi d'oggi ancòra non sappiamo godere, che

Il dott. George W. Carver, negro, nato schiavo, ora professore all'Istituto americano di Tuskeget.

La città di oggi.

Ed eccovi la città di domani!...

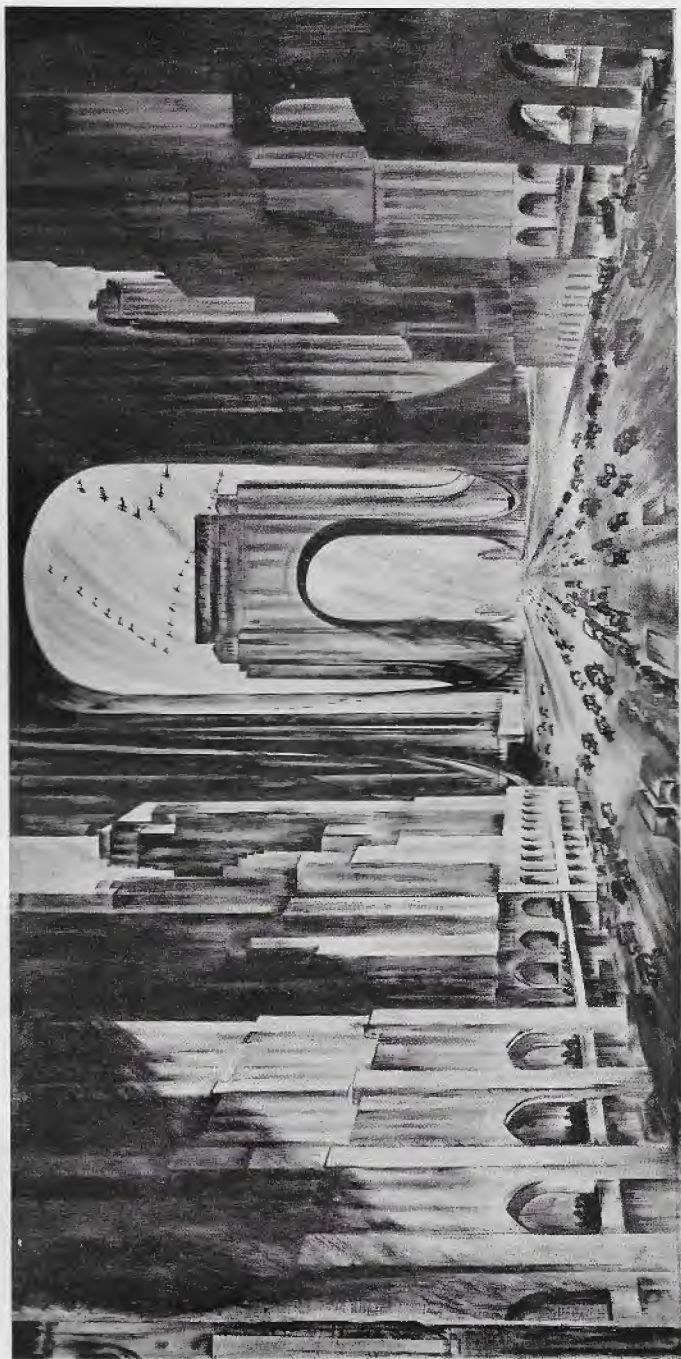
la scienza applicata ogni giorno va escogitando pel nostro *comfort* domestico. La « casa scientifica » del prossimo domani non adoprerà più scope o granate di sorta, perchè gli aspiratori elettrici penseranno con nessuna fatica della massaia a tener sgombri dalla polvere i mobili, i pavimenti, i guardaroba, ogni angolo dell'appartamento. Non avrà più bisogno di spazzaturaio perchè un apposito forno d'incenerimento centrale nel palazzo lavorerà coscienziosamente a distruggere tutti i rifiuti. L'energia elettrica portata a domicilio farà tutto quello che oggi deve fare la domestica e spesso anche la padrona di casa. Una centrale elettrica invierà a domicilio, a *forfait*, un buon servitore esatto, diligente, puntuale e taciturno, il quale, da solo, sbrigherà tutte queste faccende: illuminerà e riscalderà la casa, farà cuocere i cibi, stirerà, ventilerà le camere in estate, farà sgorgare l'acqua, calda d'inverno e gelata d'estate, nel gabinetto da bagno, porterà al padrone le notizie di borsa e d'affari e alla padrona le voci delle amiche e le musiche di tutto il mondo...

Questo già lo abbiamo in gran parte ai nostri giorni. Ma la « casa razionale » di domani sarà completata e perfezionata anche come costruzione.

I nostri più valorosi architetti già lanciano difatti i loro progetti della casa nuova. Ma anche per essi lasceremo parlare, più avanti, i disegni — più significativi della nostra penna — dell'accademico Marcello Piacentini e degli architetti Piero Portaluppi e Marco Semenza, che ringraziamo del loro cortese quanto efficace contributo a queste nostre pagine.

Ed offriamo intanto ai nostri lettori un piccolo quadro di come si prepara ad essere la « città di domani ».

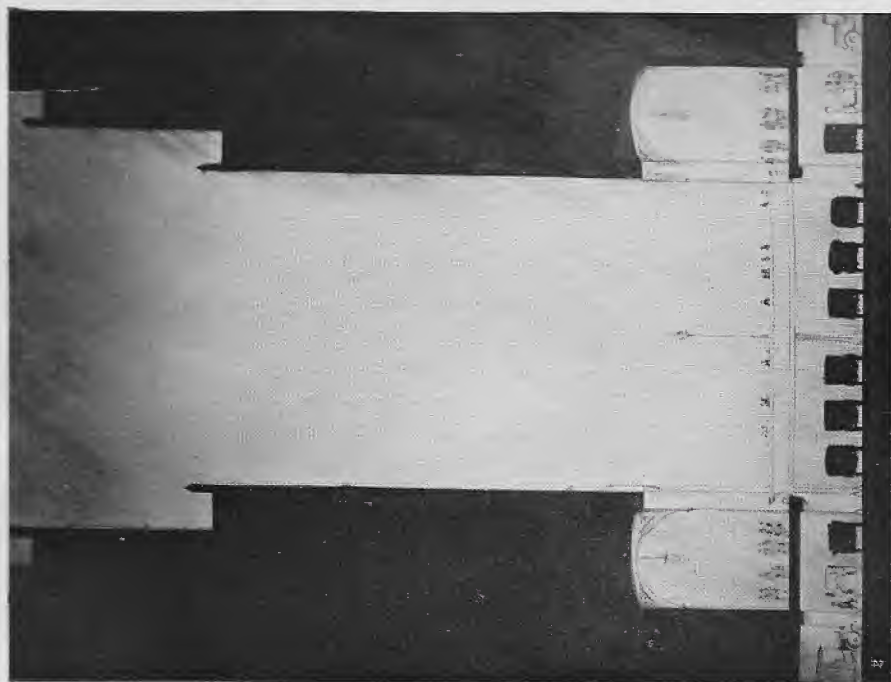
Si comincia, a Nuova Yorck, a collegare i grattacieli l'un con l'altro con leggeri viadotti, che sono snellissimi ponti aerei, che congiungono le terrazze di questi alveari umani, stabilendo comunicazioni permanenti fra gli stessi. Sono i primi profili della città di domani.

La quale città di domani sarà *a strati*. In un primo tempo la nostra città d'oggi si estese quasi soltanto in larghezza. Grandi rettifili di strade, ampie piazze, parchi, sobborghi con villini... Ma ci si trovò di fronte enormi distanze da percorrere, per cui la necessità di linee tranviarie, ferrovie sotterranee, i *métro* delle città di

La città *a strati.*

Nel 1979 nelle grandi strade il traffico verrà avviato sopra diversi livelli. A terreno i veicoli, al piano rialzato i pedoni, nel cielo i taxi di domani: le aeromobili!...

oggi. L'urbanesimo, ossia la tendenza delle campagne e provincie a raccogliersi nei grandi centri, suggerì le case altissime, a numero sempre crescente di piani, i grattacieli americani e ormai anche europei. Le distanze da orizzontali si trasformarono in verticali. Gli *autobus*, i tranvai, i *métro* furono sostituiti dagli ascensori. Ma già si va profilando una nuova necessità. Quella di riunire i vari grattacieli fra di loro per facilitare le comunicazioni fra gli abitatori dei medesimi.

Il grattacielo — malgrado il dispiacere di tutti gli esteti dell'edilizia — sembra destinato al maggiore trionfo nell'avvenire. Esso sarà purtroppo la casa di domani. Intanto osserviamo come già lo si va costruendo. Il grattacielo moderno è vastissimo di base e va sempre più restringendosi, con l'elevazione, a forma di piramide. Ogni venti piani si comincia già a costruire un'ampia terrazza, rallegrata da piante e fiori, che ben presto si trasformeranno in giardini pensili, come quelli della classica Babilonia. Già qualche solerte società proprietaria di questi enormi stabili ha pensato di aprire sopra queste terrazze spacci di tabacchi, di dolciumi, piccoli uffici postali per comodità degli inquilini; presto avremo vere botteghe di commestibili e di quanto altro può occorrere agli abitatori dei vari piani, senza costringerli a discendere nella strada. Il primo passo verso la futura « città a strati » è già fatto! Ogni venti piani avremo, quanto prima, vere piazze con giardini, caffè, *musich-all*, botteghe, negozi... Tutto a disposizione del « quartiere cittadino » formato e raccolto nei diversi piani dell'altissima abitazione. Perchè ogni casa, in tal modo, verrà a formare un vero centro di abitanti. Il riunire queste diverse piazze-terrazze l'una con l'altra viene da sè. Leggeri ponti in ferro le collegheranno tutte: si avrà quindi ogni venti piani una vera e nuova città, con le sue piazze, il suo commercio, le proprie comunicazioni dirette. Il telegrafo, il telefono, la radio scambieranno le notizie e gli echi fra i vari strati abitati e li conglomeranno sempre più in un solo palpito laborioso di vita.

Questa sarà la « città a strati » di domani.

Visioni della città di domani.
I portici aerei.

*
* *

La quale presenterà in ogni suo « strato » un carattere specifico e diverso. I piani terreni comprenderanno la parte, diciamo così, meccanica della nuova città: i grandi produttori di calore per il riscaldamento, per l'energia elettrica che dovrà far manovrare gli ascensori, i telefoni e ogni altro comodo, divenuto ormai una necessità della vita moderna. I primi dieci o quindici piani saranno adibiti a studi, uffici, laboratori, e formeranno lo « strato » del lavoro e degli affari. Gli alloggi dei piani superiori, che vertiginosamente si eleveranno nell'aria più pura e più luminosa, saranno le abitazioni. Quando si pensi che i grattacieli arrivano già quasi a centinaia di piani si può comprendere come questi « strati » diventino una naturale necessità.

Possiamo quindi, con un po' di facile fantasia, immaginarci il cittadino del mondo di domani, mondo che ormai avanza rapidamente. La sua vita trascorrerà sospesa nell'aria! L'abitante del quarto strato, per esempio, all'ottantesimo piano, la mattina levandosi comincerà con l'affacciarsi al balcone per contemplare un momento il radioso levarsi del sole, poi uscirà per i suoi affari. Comprerà le sigarette, sorbirà il caffè, acquisterà i giornali del mattino negli spacci, *bar*, edicole della terrazza del suo « strato » cittadino... aereo. Se il suo ufficio è nei piani inferiori dello stesso edificio non avrà che a prendere l'ascensore stabilito che farà capo sulla stessa piazza-terrazza. Se l'ufficio è in un altro grattacielo, magari lontano qualche chilometro dal suo, vi saranno rapide ferrovie elettriche che, senza cambiare di altitudine, lo porteranno sulla piazza, sempre aerea, stabilita, ove troverà un ascensore pronto a discenderlo ov'è diretto.

Lo stesso farà la domestica (se ne esisteranno ancòra) per le provviste del pranzo (se occorrerà più cucinarselo in casa); e lo stesso farà la signora. Essa discenderà nella propria piazza, si recherà con i vari mezzi locomobili orizzontali o verticali dalla sarta, dalle amiche, nei ritrovi abituali: salirà o discenderà nello spazio secondo meglio le piacerà, ascolterà i vari concerti della radio, le notizie e i pettegolezzi (che sussisteranno sempre) di tutto il mondo, perchè un'ampia atmosfera di vibrazioni elettriche la circonderà e

Il « grattacielo » sembra destinato al maggior trionfo nell'avvenire.

La torre Larkin di Nuova Yorck che sarà il più alto edificio del mondo e supererà la Torre Eiffel.

le porterà l'eco dell'universo intero, senza obbligarla a metter mai piede sul suolo terrestre!... Il quale suolo terrestre si riposerà finalmente alquanto dell'enorme lavorìo con che gli uomini per millenni lo hanno tormentato e sconvolto. Diverrà come il grande deposito, il serbatoio, l'officina meccanica della fervida vita che si svol-

La vita trascorrerà tutta per aria...
L'interno di un « Junker G. 24 ».

gerà sopra di esso a cento o centocinquanta metri... Poichè il regno dell'uomo sarà tutto per aria.

E un giorno la terrazza terminale della nuova mastodontica e aerea casa dell'uomo servirà di stazione per i vari velivoli pubblici a tassametro che il cittadino adoprerà quando dovrà fare una scappata da un continente all'altro. Recandosi a far colazione a Londra, a Parigi o a Roma per ritornarsene la sera a pranzo in seno alla propria aerea famiglia, nel suo N. 1275° grattacielo, a New-York!

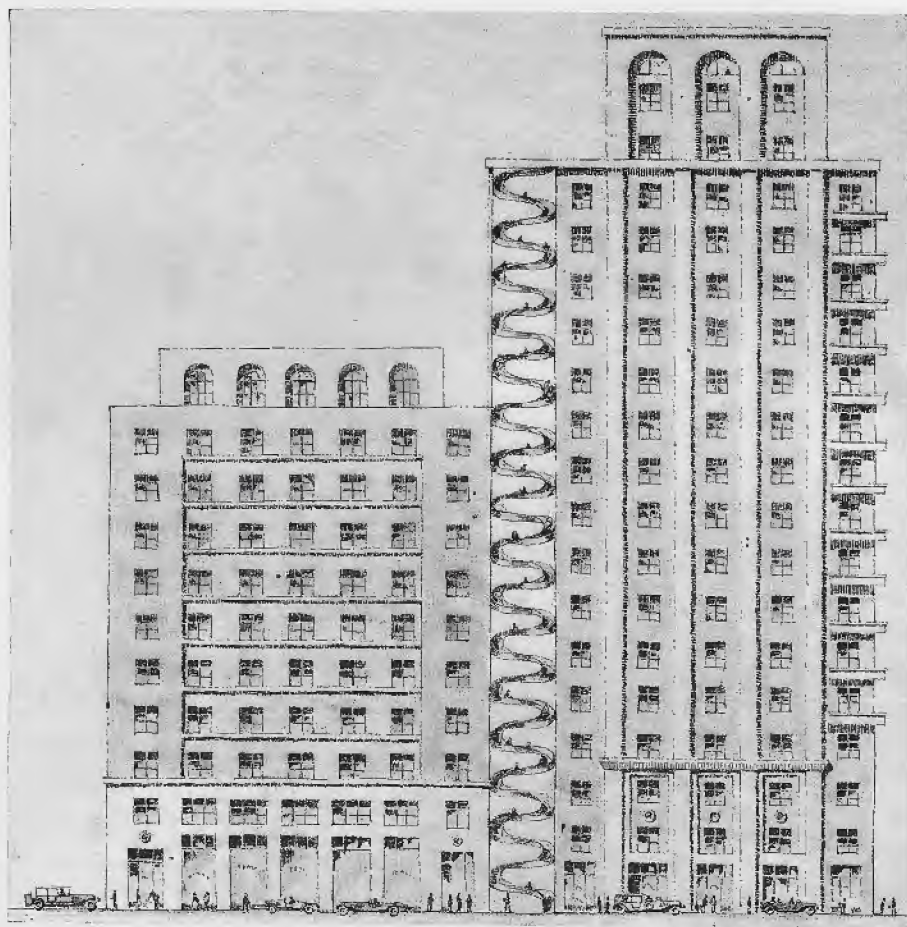
⁂

E intorno a questo cittadino dei primi nuovi secoli la scienza applicata prodigherà a larghe mani tutte le sue conquiste.

Egli viaggerà da vero signore della terra, del mare e dell'aria.

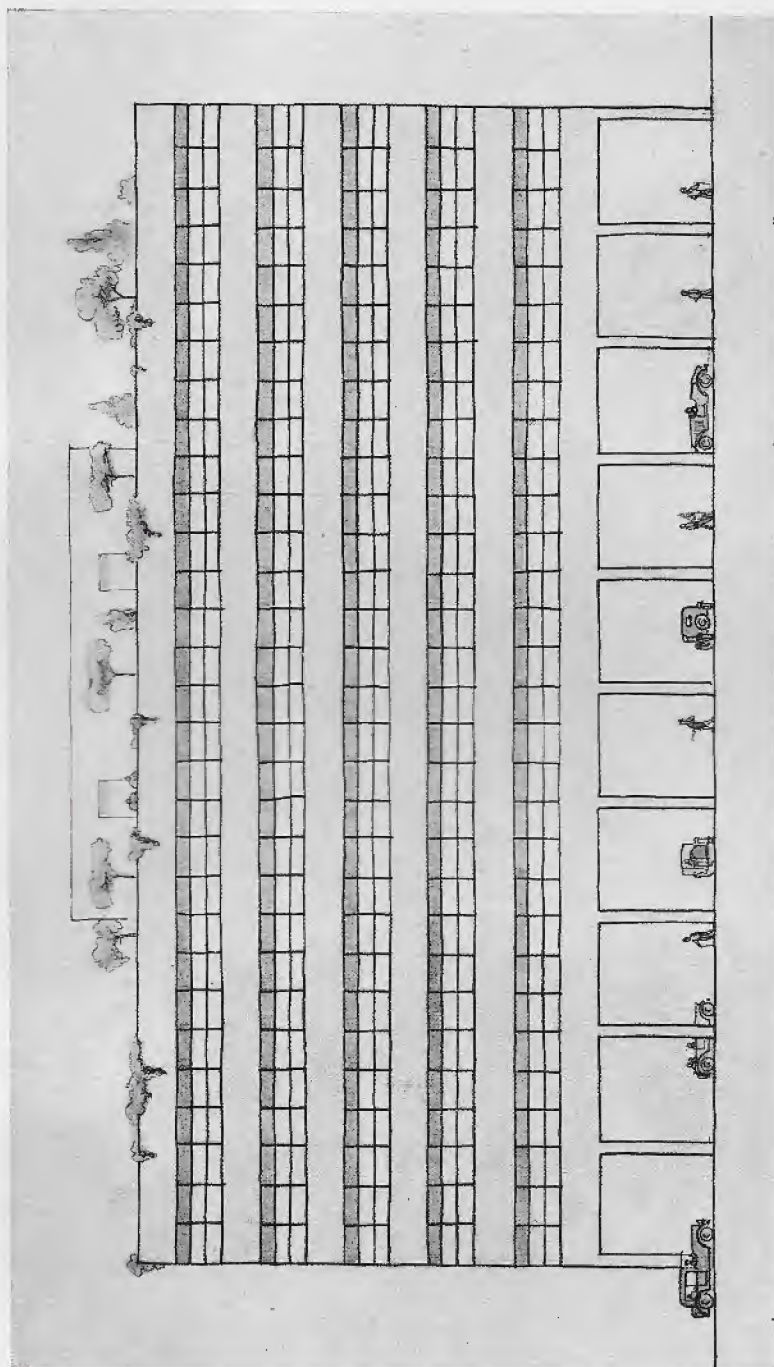
I lavoratori dei grattacieli, che passano la loro giornata sospesi nel vuoto.

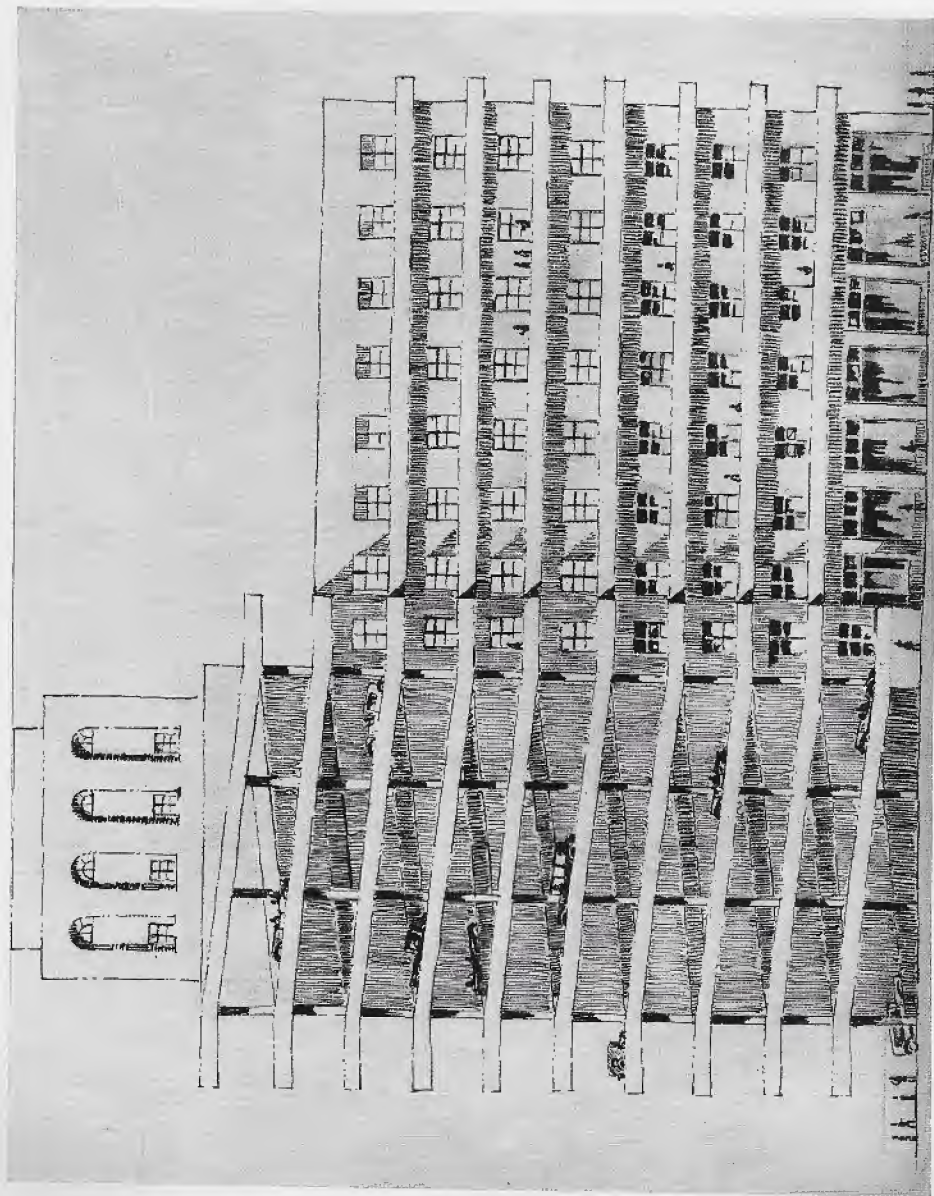
Quei pochi che si serviranno ancòra dei treni — i quali finiranno un giorno per scomparire, come oggi i cavalli da carrozza, sostituiti dalle grandi aeronavi transoceaniche per passeggeri — troverà nella sua vettura il telegrafo, il telefono, la radio e la televisione. Le prime tre già sono in servizio nei nostri treni d'oggi. Il viaggiare per mare sarà un lusso da gran signori. Le navi non saranno più altro che alberghi di lusso. Non vi saranno più cabine ma interi elegantissimi appartamentini ammobigliati con sfarzo e arricchiti di tutte le comodità e gli svaghi. Ciascuno di essi avrà un

apparecchio radio, completamente indipendente l'uno dall'altro, col quale il viaggiatore riceverà contemporaneamente i programmi di

Il grattacielo col « taboga ».

Nei grattacieli dove sono raccolti a lavorare migliaia di persone, il « taboga », scivoloso piano inclinato fatto come un nastro, nelle ore dell'uscita le riconduce a terra.

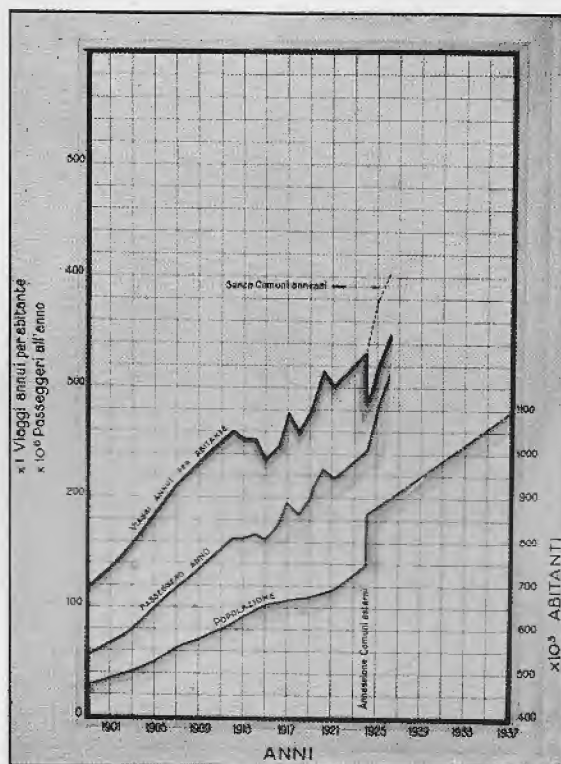
(Arch. *Marcello Piacentini*).

tutte le stazioni da Washington a Mosca. L'elettricità vi regnerà da padrona. Cucina, lavanderia, frigoriferi, tutto sarà elettrico. Ogni

Le nuove « case razionali » dell'Arch. Marcello Piacentini.

Soltanto i piloni di ferro o di cemento armato scendono fino al suolo e si fissano sulle fondazioni. Il palazzo è così tutto aperto e accessibile nel suo interno e da ogni parte. Gli automobili sostano sotto un dato ascensore ove attendono la discesa del padrone.

La casa senza scale e senza ascensori.

Una larga rampa esterna mena le automobili ai singoli piani, come nei grandi garages pubblici. Perchè dobbiamo discendere da una macchina, quando siamo giunti al nostro edificio, per montare su di un'altra?...

(Arch. ***Marcello Piacentini***)

gabinetto da bagno dei singoli appartamenti avrà un getto d'acqua riscaldata nell'inverno ghiacciata nell'estate. Vi saranno grandi sale di cinematografia a televisione e sonora. Vi sarà una tipografia —

Come aumentano le nostre città.
Diagramma dell'accrescimento della popolazione di Milano, del numero dei passeggieri e dei viaggi per abitante, dal 1899 ad oggi.
(*P. Portaluppi* e *M. Semenza*).

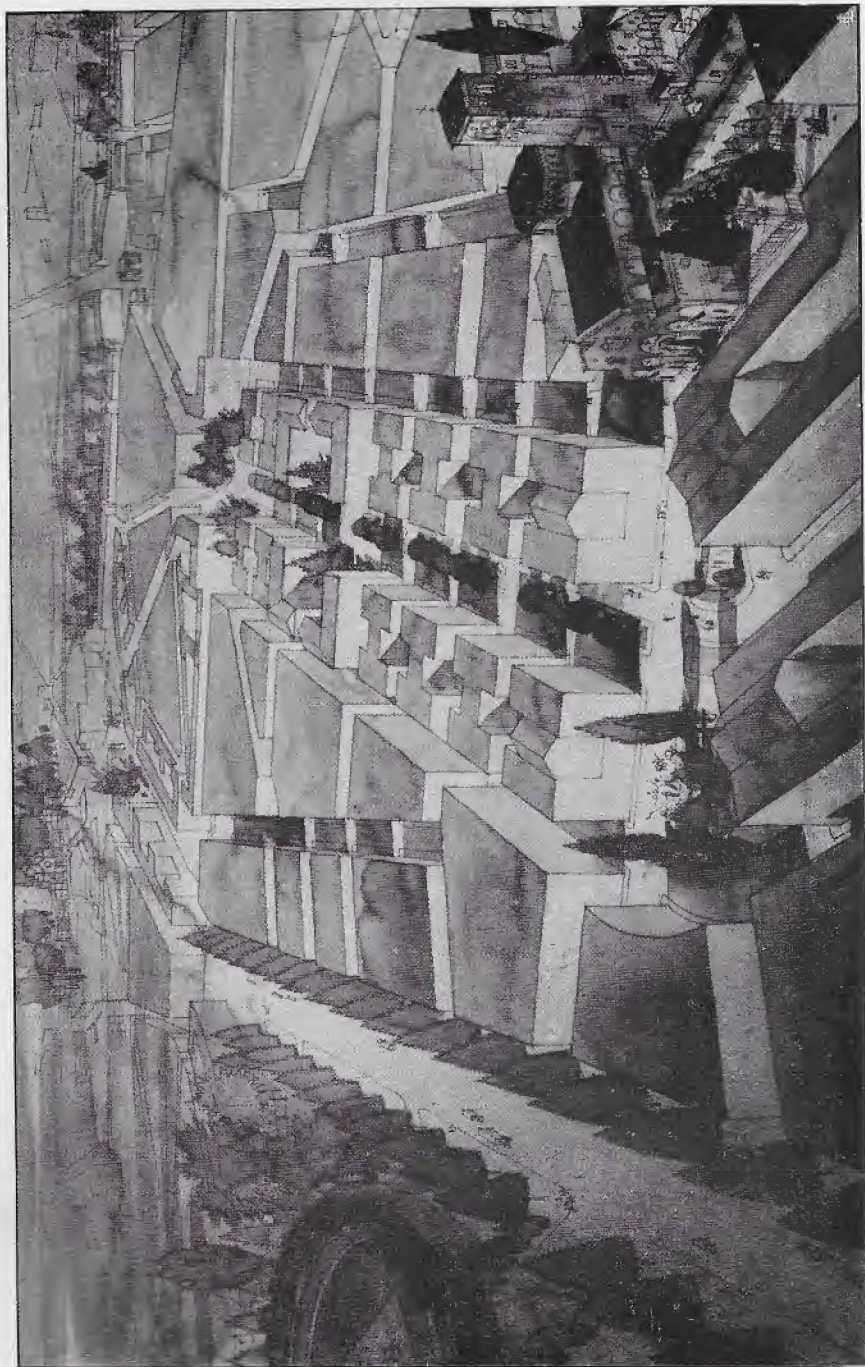
azionata s'intende elettricamente — la quale stamperà un giornale di bordo per i viaggiatori con tutte le notizie e le fotografie che verranno trasmesse alla nave da ogni parte del mondo dal telegrafo senza fili e relativa trasmissione fotografica.

Ma il signore futuro preferirà viaggiare per aria. Che cosa

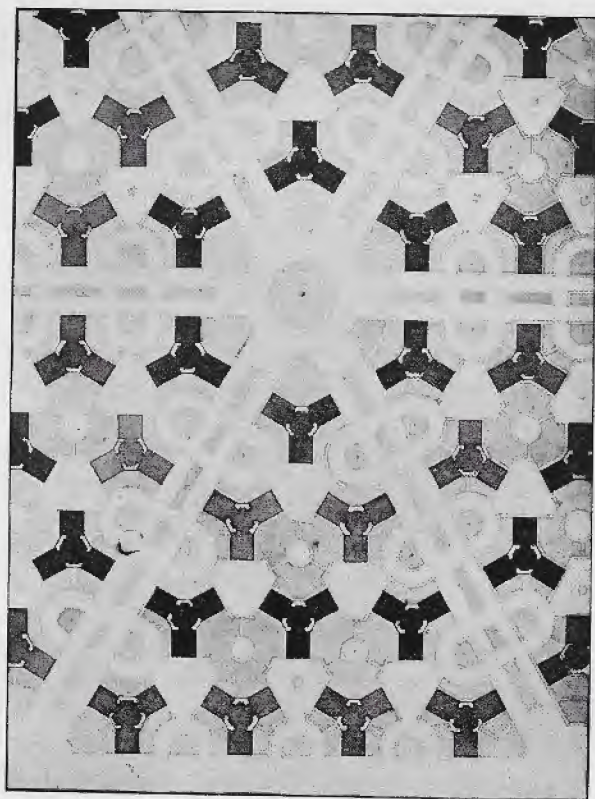
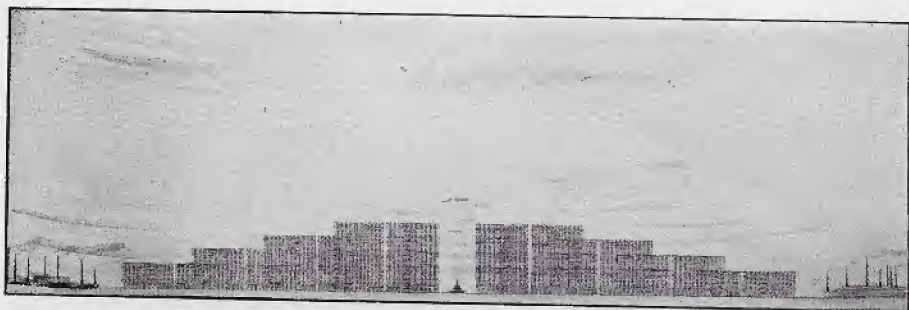
potranno essere i viaggi aerei del suo tempo ce ne può dare un'idea sin da oggi lo *yackt aereo* dello sportivo e finanziere Van Llar Back col quale egli si diverte ai nostri giorni a correre i cieli del mondo. Questa non è fantasia: è il viaggio di domani già realizzato. Lo *yackt* del signor Llar Black è un apparecchio trimotore che gli è costato 25.000 dollari e sul quale viaggia con due piloti, un domestico ed una segretaria. Dall'alto del suo « studio » viaggiante egli corrisponde con la Borsa e le banche del suo paese e d'Europa, manda e riceve radiotelegrammi e fonogrammi, impartisce ordini ai corrispondenti, riceve tutte le notizie che lo interessano, conversa con i familiari e gli amici. Quando vuol riposarsi ascolta i concerti di Parigi, Londra, Roma e Milano. Tutto questo sopra il pieno Oceano, o nel cielo ridente italiano, o su quello brumoso londinese, sopra le steppe russe o nelle arse regioni aeree dell'Arabia...

Quando scenderà a terra, il cittadino sempre del nuovo secolo si troverà fra case alte come montagne, sotto vie sospese ad altezze inverosimili percorse da miriadi di autoveicoli d'ogni sorta; vedrà nel cielo sopra la sua testa volare stormi di velivoli disciplinati, portatori di passeggeri, merci e corrieri postali. Anche le strade saranno, pel traffico, disposte a strati.

Entrando in un ufficio si troverà circondato da macchine che non solo scrivono ma pensano, fanno da contabili e da cassieri automatici: addizionatrici, moltiplicatrici, apparecchi complicati ma precisi come un orologio che mettono in ordine le registrazioni giornaliere meglio di un ragioniere. Volendo parlare con il Direttore non avrà che a premere un bottone davanti ad un telefono: sentirà la sua voce e televisionicamente ne vedrà il volto e potrà conversare a pieno con lui, a parole e se vuole anche a gesti!... Altre lo aiuteranno a non perdere il tempo in nessuna incombenza della vita pratica.

Uscendo dall'ufficio potrà compiere un'infinità di atti della sua vita in modo rapido e nuovo: cavando dal taschino del panciotto un minuscolo ricevitore parlerà con la sua signora al trentesimo piano del grattacielo-torre ove abita, che lo aspetti pure a pranzo la sera per l'ora stabilita e ne sentirà la voce e, se lo desidera, quella dei suoi bambini. Poi dirigerà un saluto al suo amico di Parigi, di Londra o Nuova York. E la sera, finiti gli affari o la passeggiata, prenderà l'aeromobile a tassametro nell'apposita piazza e volerà a casa.

Le nuove città a dadi.

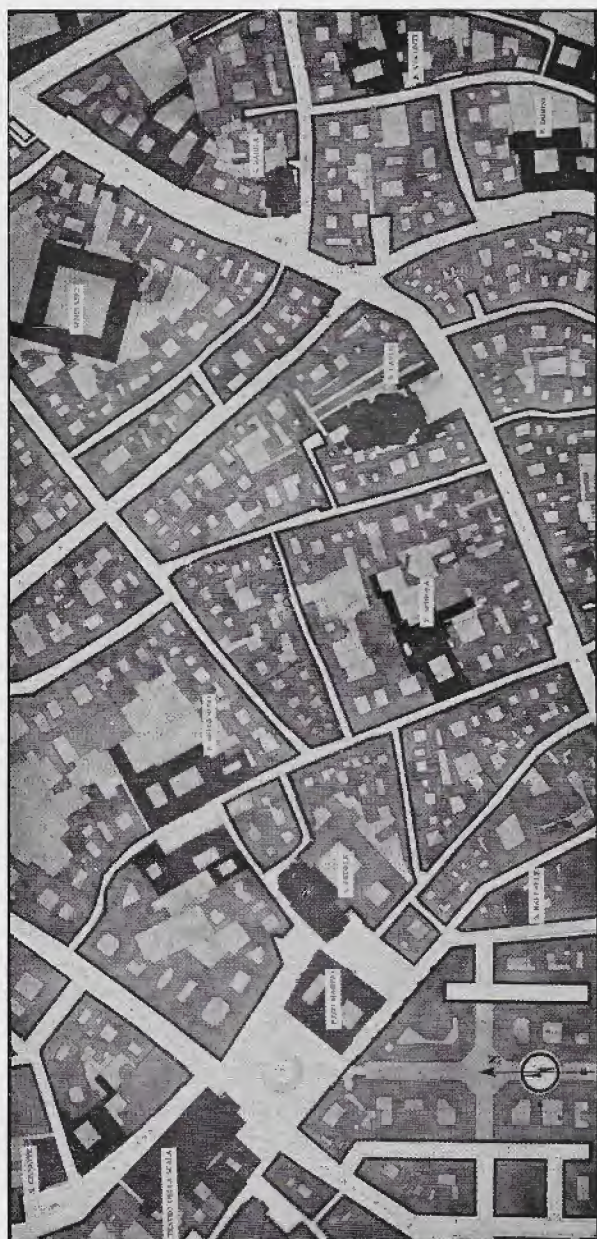
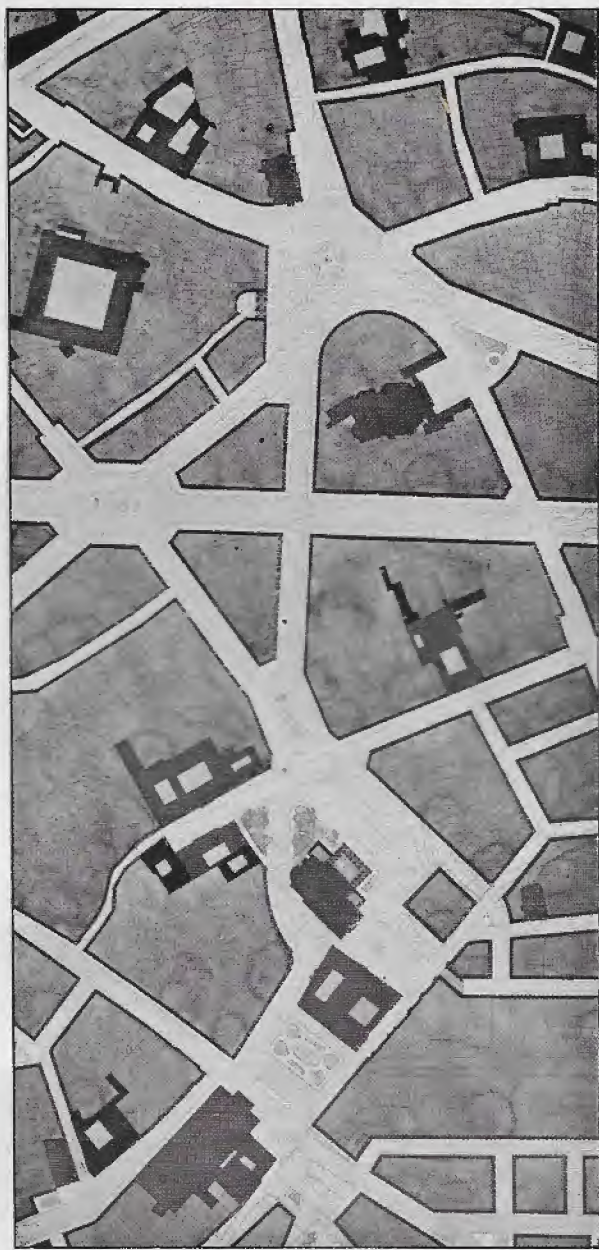
La nuova sistemazione della zona fra Via Legnano *e* Corso Garibaldi *a Milano, proposta dagli architetti P. Portaluppi e M. Semenza.*

(da “ *Milano com'è ora, come sarà* „ ed. *Bestetti* e *Tumminelli.*)

La geometria trionferà nella città nuova

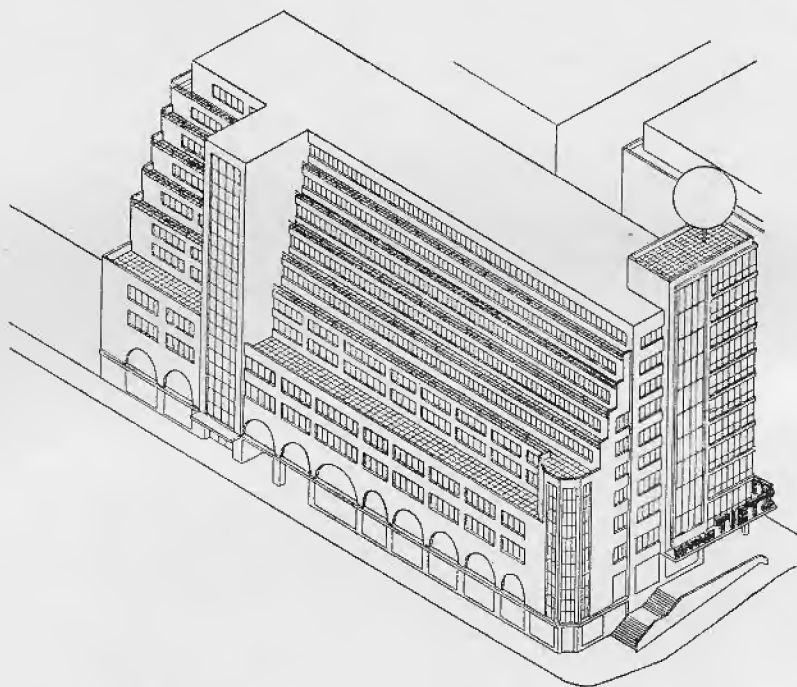
Progetto per il quartiere degli impiegati a Moncucco (Milano) degli architetti P. Portaluppi e M. Semenza.

Vogliamo ricordare la fondazione Millbanck di Nuova Yorck. Questa potrà sentire e vedere che cosa succede a Pechino o a Singapore; se nella notte ha bisogno di saper l'ora non avrà che a premere un bottone sul comodino per vederla proiettata luminosa sopra il soffitto della camera...

Si morrà pochissimo, e proprio quando... sarà dovere morire. Cioè dopo aver dato alla vita e alla società tutta la propria giornata vitale. Gli enormi progressi della scienza medica — coadiuvata dalla chimica e dagli studi biologici — daranno a tutti gli uomini il tempo di poter assolvere questa loro missione. A questo proposito è doveroso ricordare che oggi già vi è chi ha pensato anche a questo. Vogliamo ricordare la fondazione Millbanck di Nuova Yorck. Questa benemerita fondazione, sovvenzionata da ricchi signori, si propone nientemeno di combattere con tutti i mezzi che la scienza moderna mette a sua disposizione la vecchiaia e la morte! Come i programmi della Millbanck c'informano, saranno istituiti tre grandi centri d'osservazioni solo nella provincia di Nuova Yorck, in attesa d'istituirne altri e diffonderli man mano in tutti gli Stati Uniti. Si tratta (sono sempre i programmi che c'informano), assoggettando i soci ad un regime severo e metodico di vita, di protrarne l'esistenza in modo che per cinquant'anni di vita l'ottantenne potrà considerarsi, come validità, utile quanto un attuale uomo sui trent'anni. Non si ammetteranno vecchi che i centenari... Se la Millbanck potrà realizzare i suoi propositi parecchi della generazione oggi vivente potranno essere fra i cittadini fine secolo ventesimo che già godranno dei vantaggi dei quali stiamo discorrendo!

Ricordandoci a questo punto dei pronostici del dott. Low ci domandiamo: come saranno le donne?... La domanda ci viene mossa dalla perplessità con la quale assistiamo alla spiccata quanto ben decisa evoluzione verso i caratteri mascolini delle nostre d'oggi. Ma confessiamo onestamente che a questa domanda non sapremmo dare una risposta conveniente... Preferiamo perciò cavarcela ricordando al lettore l'aneddoto balneare che in questi giorni è corso per tutti i giornali europei. Un vecchio signore sta ad osservare la folla dei bagnanti, e la sua attenzione è attratta da un esile individuo in maglietta nera che corre lungo la riva. Il signore si volge alla persona che gli è più vicina. Fra i due si svolge il dialogo seguente: — Con la moda

Come si vede ora dall'alto la piazza della Scala di Milano...

.... e come la si vedrà.

(Arch. *P. Portaluppi* e *M. Semenza*).

d'oggi c'è da perder la testa. Mi saprebbe lei dire, per esempio, se quell'individuo là è un uomo o una donna? — Ma quella è mia

Schema di un grande Magazzino di vendite a Stoccarda, dell'architetto R. Döcker. *I piani sono disposti in modo da permettere una perfetta esposizione per il « soleggiamento » e l'illuminazione, non solo dell'edifizio stesso ma anche delle case vicine.*
(Dall'opera « *Döcker Terrassentyp* », edit. *Wedekind*, Stoccarda).

figlia. — Oh, scusi signore, non immaginavo che proprio lei potesse essere il padre di quella signorina. — Prego, sono sua madre.

***

La chimica d'oggi sta intanto preparando meraviglie per questi nostri posteri.

Dobbiamo dire che ormai non sappiamo più di quale materia siano fatti gli oggetti più comuni che adoperiamo. Una stecca d'avorio

Teatro « Excelsior » di Milano.
Nuova costruzione degli architetti Cassutti e Patetta.

è composta di elementi che con l'avorio non hanno mai avuto la più lontana parentela. Un abito di seta è fatto di tutto fuorchè di seta. È il trionfo assoluto del surrogato, nato come sappiamo dalle necessità del tempo della guerra e continuato a fiorire rigogliosamente dopo la stessa. Un bravo chimico tedesco è riuscito ultimamente a darci della meravigliosa e iridescente madreperla con una lega di metallo formata di 90 parti di stagno e 10 di rame! È il

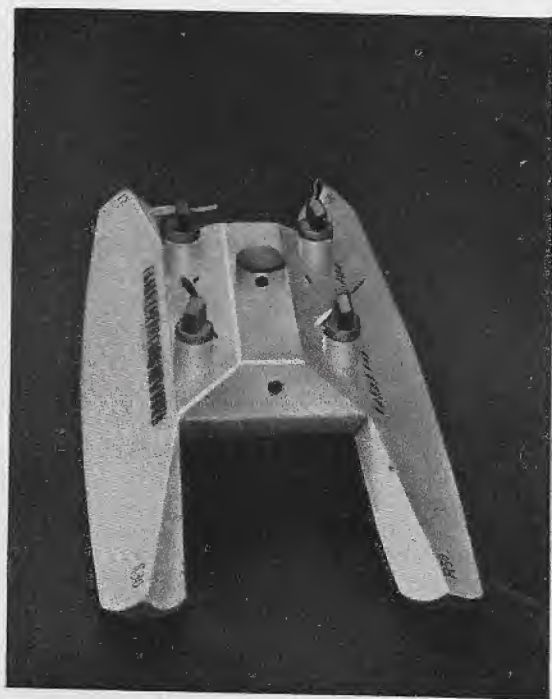
Le scuole municipali di Berlino-Neukölln che accolgono 3000 scolari.
(Arch. *Bruno Taut* - ed. *The Studio*, London).

dott. Harenich della *Allgemeine Glas und Keram Industrie*. Meraviglioso legno artificiale viene creato con la cellulosa chimicamente trattata, ed è un buon brevetto italiano di cui si serba il segreto, ma che sta destando il massimo interesse ed ottiene grande successo in tutto il mondo.

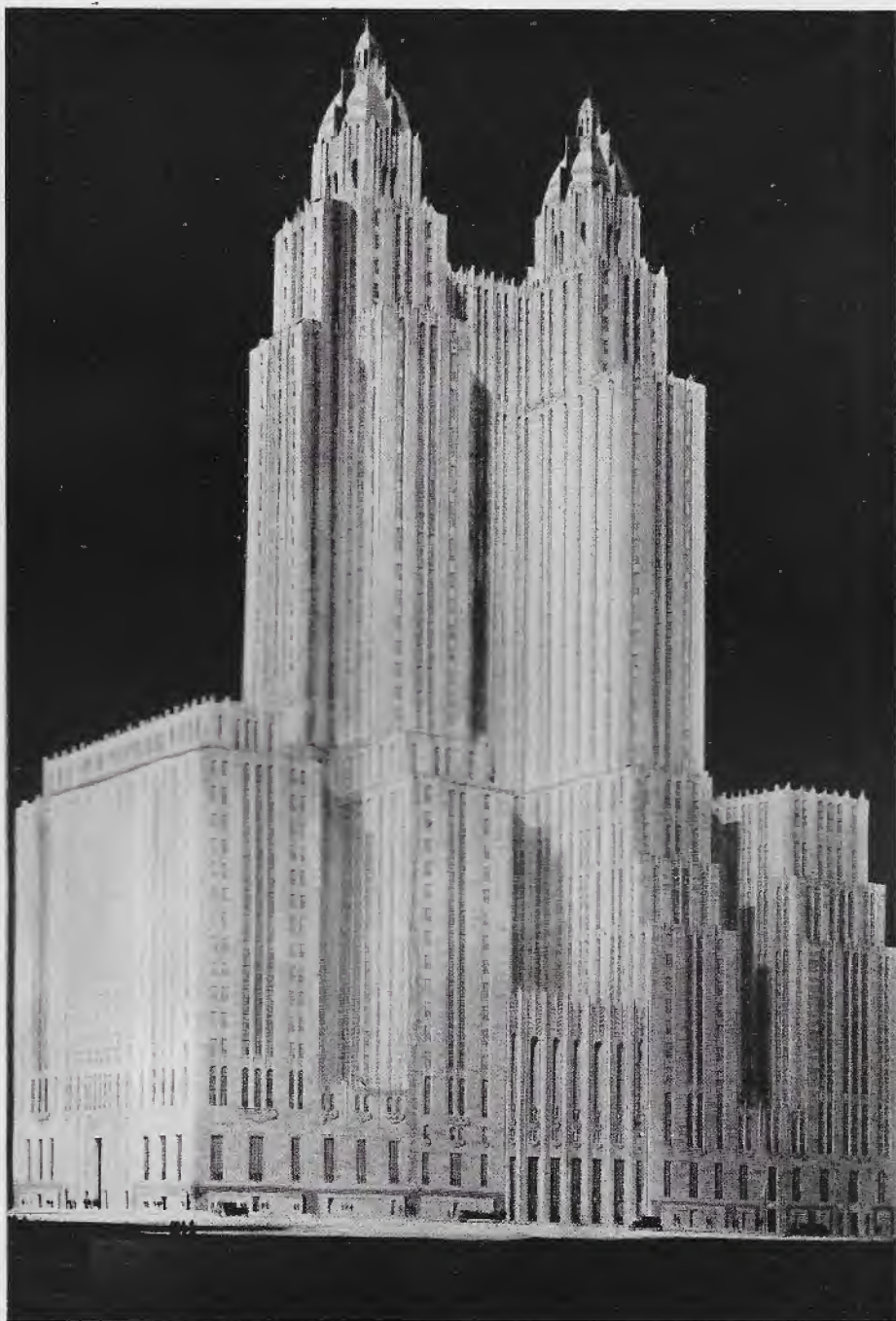
Nell'ultimo Congresso dei chimici italiani tenutosi a Firenze nel maggio 1929 il dott. Giovanni Morselli, presidente dell'*Associazione Italiana di chimica* ha discorso dei risultati veramente sorprendenti ai quali è pervenuta la chimica moderna. Si sta preparando il trionfo assoluto del *sintetismo chimico!* È tutta una serie di conquiste per la immediata pratica agli usi industriali più

Le nuove case di Parigi. — *Le soffitte sono lastricate con « pasta di vetro ».*

(Arch. *Roberto Mallet-Stevens*, ed. *The Studio*. London).

svariati. Si tratta di utilizzare le sostanze più abbondantemente diffuse in natura per trasformarle in materie di prima necessità o di larghissimo uso. Così la cellulosa diventa seta artificiale, che data l'abbondanza con cui si può produrre sostituisce con successo quella

Un « glisseur » a 4 motori che dovrebbe *scivolare* da Parigi a Nuova Yorck, via Cherbourg, in *tre giorni e mezzo*.

naturale molto più costosa. Ed il principio da cui è partita la fabbricazione della seta artificiale apre la via ad un rinnovamento generale di tutta l'industria dei tessuti, quando il chimico sarà riuscito a conoscere completamente l'intima struttura di questa cellulosa che sembra chiamata ad un vasto destino nell'industria di domani.

Così l'azoto, l'idrogeno, l'ossido di carbonio hanno dato il mezzo di procurarci la *sintesi* dell'ammoniaca, dell'alcool metilico,

A Nuova Yorck.

Il progetto dell'architetto Waldorf per il nuovo Astoria Hôtel, di 44 piani, che costerà 40 milioni di dollari, pari a circa 800 milioni di lire nostre.

dell'acido acetico, dell'acido cianitrico, la liquefazione del carbone e la produzione degli idrocarburi sintetici. La chimica sintetica dei nostri giorni ci ha dato il *glicol*, ch'è una preziosa sostanza che già sostituisce la glicerina nella fabbricazione degli esplosivi e che s'ottiene dai gas naturali. La chimica sintetica ci ha poi già dato la sintesi del caucciù, degli zuccheri, delle sostanze albuminoidi. L'uomo

L'idrovolante gigante « Do X » con 12 motori di 525 HP ciascuno.

non corre più pericolo di morire di fame! Si stanno preparando gli alimenti *sintetici* per il lontano domani del mondo. Ci ha detto il dott. Morselli: « Tommaso Malthus allorchè immaginava or è circa un secolo e mezzo le sue famose teorie sulla correlatività fra mezzi di sussistenza e crescita delle popolazioni, non pensava che la chimica avrebbe un bel giorno gettato le basi di una diga di difesa contro quel pericolo di lento affamamento, che egli aveva lugubremente preveduto pel genere umano ».

L'idrovolante gigante « Do X », che vediamo in sezione, il 22 Ottobre 1929 ha volato per un'ora sul lago di Costanza con a bordo 169 persone.

***

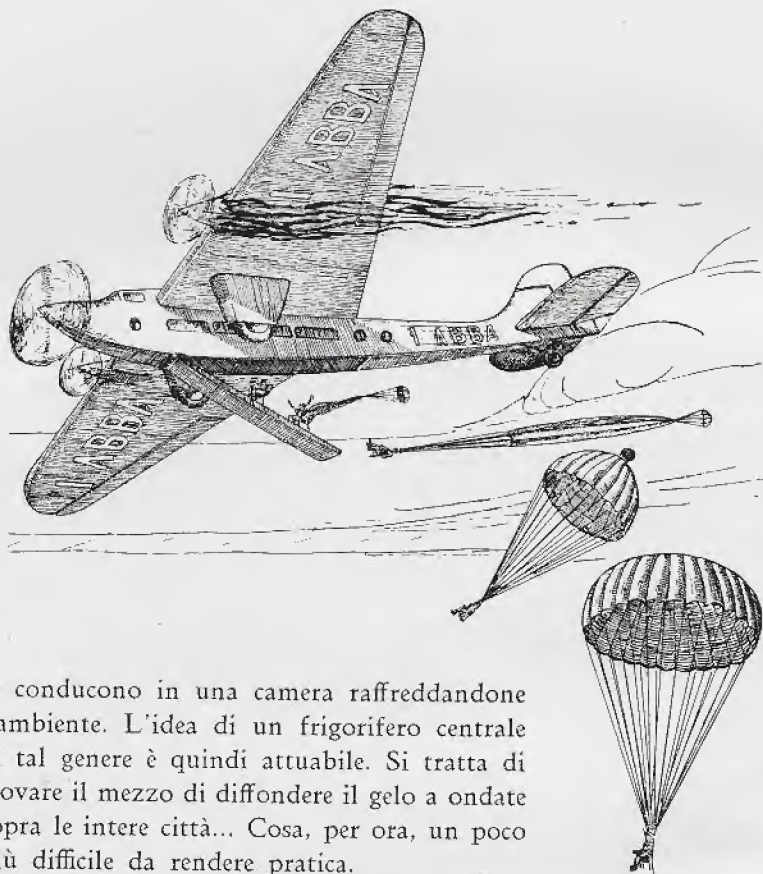
Mentre gli scienziati geniali e studiosi stanno così preparando tutta una nuova vita industriale e pratica per le generazioni che verranno, non mancano gl'inventori molto... fantasiosi che sorprendono il mondo con le loro trovate strabilianti. Ma, lo abbiamo già detto, bisogna tener conto di tutto. Nell'idea che di primo colpo sembra la più strampalata alle volte è nascosto il germe della realtà futura. Nessuno avrebbe mai creduto quando Leonardo da Vinci fabbricava i suoi modelli di macchine per volare — modelli che in questi giorni (giugno 1929) si sono veduti alla « Mostra delle Scienze » di Firenze ricostruiti, dagli abbozzi segnati dal grande Maestro sopra i suoi cartoni, dal prof. Giacomelli — nessuno avrebbe mai creduto che un giorno sarebbero stati così vicini a quelli che dovevano correre il cielo veramente.

A questo solo titolo vogliamo ora ricordare sopra queste pagine anche il progetto, che formò oggetto di curiosità all'ultima Esposizione marconigrafica di Nuova Yorck, dell'ignoto elettricista norvegese ch'ebbe la umanitaria idea di regalare alle assolate regioni europee in piena estate le refrigeranti fresche onde di freddo dei suoi bellissimi *fiords*.

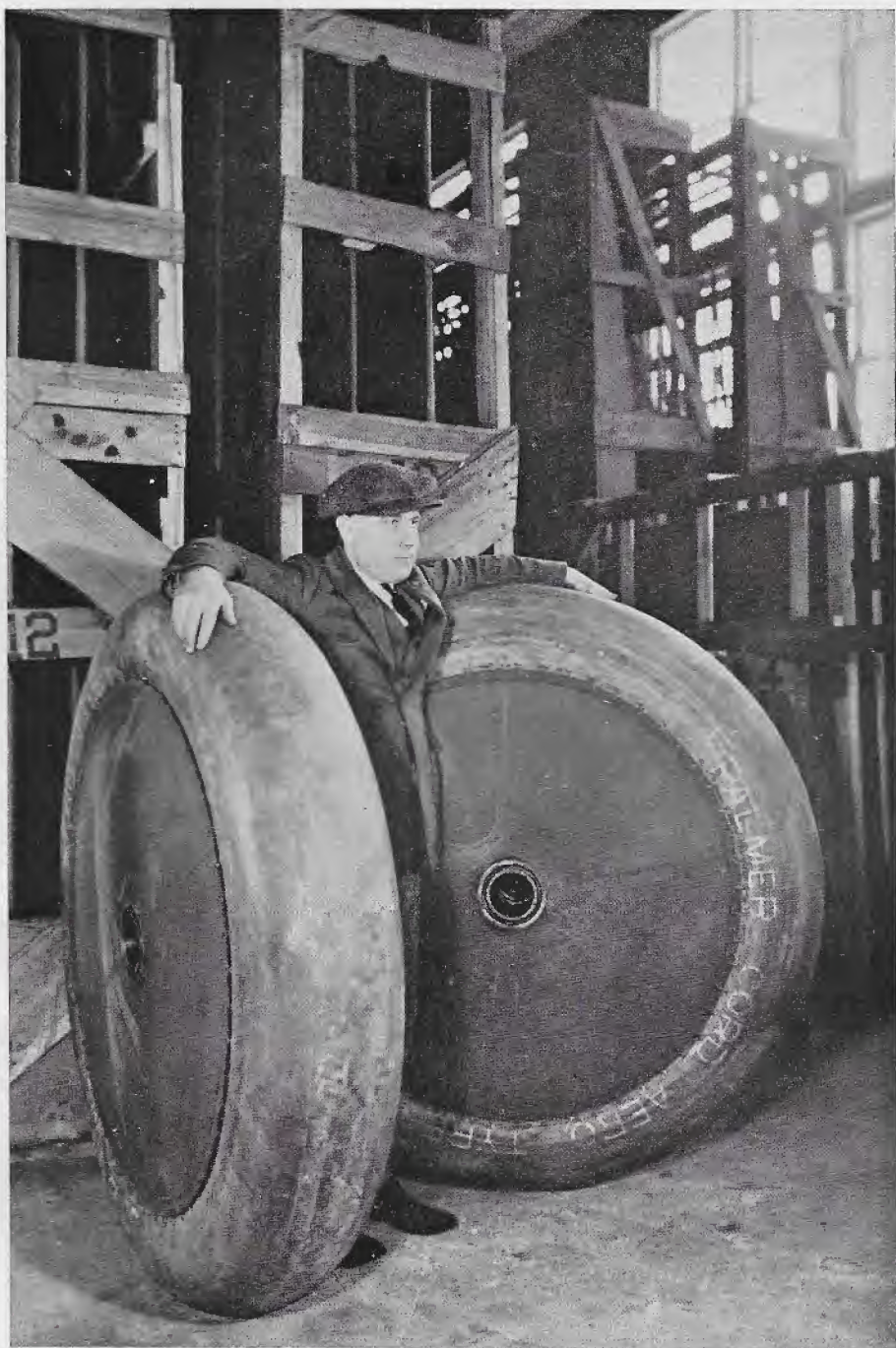
Il progetto — debitamente brevettato — si proponeva con un suo apparecchio speciale di lanciare nei giorni di caldo canicolare sul resto d'Europa le onde gelate dei ghiacciai perenni della Norvegia. Prometteva ch'esse sarebbero volate pel mondo assolato così come corrono le onde musicali dei *fox-trott* che la radio ci trasmette dai « musich-all » di Londra e di Parigi per farci ballare. Prometteva a tutte le massaie d'Europa una buona ed economica ghiacciaia casalinga che, intonata con la sua stazione mittente del freddo, doveva essere capace di procurar loro dei buoni gelati e mantener freschissime le provviste. Nel suo progetto è compresa pure una centrale refrigerante per ogni città e villaggio la quale, con modico abbonamento, può dare del fresco quanto se ne vuole a chi lo richiederà...

Cosa del resto che, lo abbiamo detto, può nascondere una buona idea iniziale. Non abbiamo già le « stufe da freddo » otte-

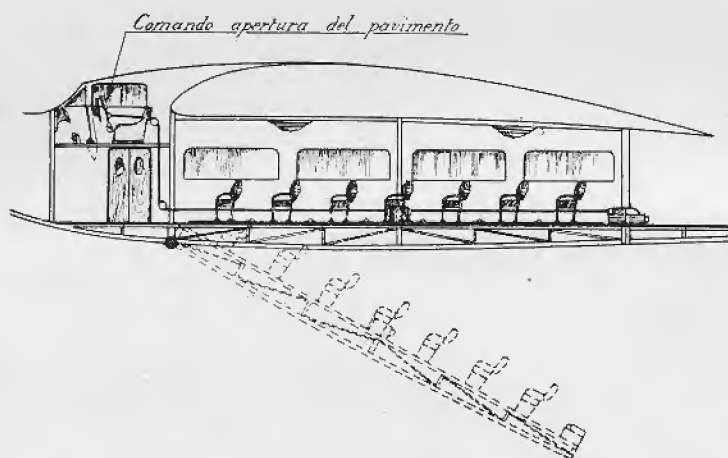
I grandi volatori che fanno servizio tra Londra e l'India.

nute con la forte compressione dell'aria?... Sottoponendo con macchine speciali l'aria a due chilogrammi e mezzo di pressione si ottengono getti che posseggono le bassissime temperature da 40 a 50 gradi sotto zero. Quest'aria gelida viene lanciata attraverso tubi che

la conducono in una camera raffreddandone l'ambiente. L'idea di un frigorifero centrale di tal genere è quindi attuabile. Si tratta di trovare il mezzo di diffondere il gelo a ondate sopra le intere città... Cosa, per ora, un poco più difficile da rendere pratica.

Ma chi ci dice che pel cittadino fine millenovecento non vi possa essere il fisico geniale che loro già procuri anche questa refrigerante comodità?...

Il quale cittadino — come il lettore ha veduto — non potrà davvero lagnarsi di quanto gli studiosi del milleottocento e di tutto il secolo ventesimo avranno fatto per lui.

Le dimensioni colossali di queste ruote di aeroplano che si stanno costruendo a Dayton sono simbolo delle gradiose idee che alimenta l'Aeronautica d'oggi e di domani.

Non vede già, quello dei giorni nostri, per esempio, tracciate in cielo, per i velivoli ed i dirigibili, delle vere *strade aeree* con le onde hertziane?... William Loth, col suo ultimo apparecchio, segnerà dal suo gabinetto la strada al pilota, il quale non ha più bisogno nè di carte nè di bussole. Gli basterà la cuffia del telefono: la voce lontana del pilota terrestre gl'indicherà ora per ora la strada.

Il capitano Freri, ch'è un valoroso dell'aria, ci ha già presentato un paracadute, ormai celebre quanto benemerito perchè ha salvata la

vita a centinaia di aviatori, ed è già introdotto nell'arma Aeronautica nostra e di molte straniere, il quale è tutto un programma per i salvataggi avvenire in caso d'infortuni aerei. Con i paracadute Freri tutto l'equipaggio ed i passeggeri di un'aeromobile possono salvarsi con il puro e semplice lancio nel vuoto... Il prospetto che presentiamo in schizzo al lettore sarà prossimamente realizzato sopra una grande aviolinea internazionale. Ecco la esatta visione di quanto avverrà a mille metri di altezza: il pilota con una semplice manovra a mano apre il fondo della carlinga ove sono seduti i passeggeri muniti ciascuno di un paracadute. Essi vengono lanciati nel vuoto come si trovano, e cioè seduti. I paracadute si aprono automaticamente ed i viaggiatori dell'aria finiscono il loro viaggio compiendo una discesa forse non desiderata ma tranquilla e senza scosse, atterrando felicemente.

Eva nuova.

*
* *

Dopo un periodo di grande splendore per gli uomini e per la loro civiltà — poi che saranno passati i molti millenni — cominceranno a profilarsi le melanconie.

La grande finale e decisiva decadenza della terra! La quale non può vivere eterna: anche per essa dovrà pur venire la vecchiaia, l'indebolimento e poi la fine.

La domanda sorge spontanea, quanto vivrà ancòra la nostra terra?...

Tutti gli astronomi ed i geofisici hanno cercato di dare una risposta a questa domanda che, sebbene debba preoccupare più da vicino i nostri posteri dei milioni d'anni che verranno, un certo interesse deve averlo anche per noi.

Ma pure qui ci troviamo come quando abbiamo cercato di sapere l'età della terra. La stessa ambiguità che circonda la sua nascita, perchè come nessun astronomo ha voluto o potuto dirci sinora in quale momento del processo genetico del nostro mondo solare la nostra terra abbia cominciato a formarsi, le stesse dubbiezze appaiono pure quando si parla dei milioni di secoli che la terra già reca indosso e quelli che pel futuro l'attendono. E come tante sono le età della terra quanti sono stati i metodi usati dai diversi astronomi e geofisici che si sono accinti a calcolarla, altrettanti numeri più o meno colossali di millenni sentiremo da essi proporci per determinare quando questa nostra terra, che pel momento fortunatamente si trova ancòra nella pienezza della sua salute, potrà cominciare a dire di sentirsi vecchia...

Quello ch'è indubitabile intanto è che la vita terrestre è solidamente connessa con quella del sole e del sistema solare. Il lettore che andrà a rivedere quanto dicemmo nel capitolo secondo sopra la possibile durata del sole può quindi già farsene un'idea.

Qui possiamo dire soltanto che se, secondo Thompson, la terra avrebbe ancòra — sempre molto probabilmente — un 5 o 6 milioni di anni d'irradiazione solare e quindi d'esistenza, altri invece, fra cui il recentissimo Wehemeyer, gliene concedono non meno di 24. Ricordiamo anche che il Millikan assicura agli uomini non meno di

A 2000 metri sull'oceano in rotta da Nuova Yorck per Parigi.

un miliardo ancòra di anni d'energia solare! Quanto poi alla possibilità della vita umana sulla sua superficie anche qui, in realtà, i còmputi sono più che mai indecisi. Secondo il Wehemeyer che abbiamo citato essa potrà continuare ancòra per un milione di anni

« Gutta cavat lapidem ».
Rocce a Montpellier-le-Vieux (Francia) che si vanno sgretolando sotto l'azione dell'acqua satura di acido carbonico.

e non più, sempreché, aggiunge, la nostra razza non abbia a deteriorarsi prima, per calamità a noi stessi imputabili.

L'osservazione non è del tutto avventata, anzi è piena di saggio ammonimento.

La Terra tende a spianarsi... (Pag. 480).

« Il Mare di ghiaccio » sul Monte Bianco che lentamente frantuma il colosso.

(da *W. Mittelholzer, « Alpenflug »*).

Diremo poi, in ultimo, come dovrà avvenire la decadenza, il raffreddamento e quindi — profferiamo pure la grande parola — la morte prima dell'umanità e poi della terra. Per ora possiamo consolarci constatando che il sole è ancòra giovanissimo e che quindi la terra, per noi, gioisce della più fiorente maturità.

Le sue primavere verdeggianti e che sempre si susseguono ce lo dicono con giocondità!

⁂

Certo è che la terra attraverserà prima di morire, prima di chiudere il suo ciclo d'esistenza ch'è stato, non si può negare, e lo sarà ancòra, molto operoso, parecchie vicissitudini singolari.

Le forze vulcaniche che, secondo i geologi, formarono la terraferma con le sue montagne, sono tuttora in azione. Il processo non è ancòra finito. La faccia terrestre si va trasformando e modificando continuamente. Ce lo dicono i bradisismi marini [1]. Ma il vulcanesimo già va diminuendo in estensione. È certo che un giorno tutti i vulcani saranno spenti. E già si osserva un rallentamento nel processo di formazione delle montagne.

La terra tende a spianarsi. Quando si pensi che ogni anno i fiumi mondiali scaricano nel mare circa *dieci chilometri e mezzo* di sabbie e di detriti terrestri, si vede come gradatamente si vada compiendo questo incessante lavoro di spianamento. Computando a *cento milioni* circa di chilometri cubi il complesso di tutte le terre emergenti, dopo *sette milioni* di anni non esisterebbe più sul nostro globo nessuna elevazione terrestre! A sua volta il livello marino salirebbe di 400 metri sopra quello attuale...

Il giorno in cui la terra sarà completamente spianata una nuova êra comincierà per gli uomini (se esisteranno ancòra sopra la sua superficie). L'umanità sarà sottoposta a duri e grandiosi doveri per la propria esistenza. Quello che fu supposto debba ora avvenire per gli abitatori di Marte si avvererà per noi. Le acque, provenienti dalle grandi condensazioni polari, dovranno essere raccolte, canalizzate,

---

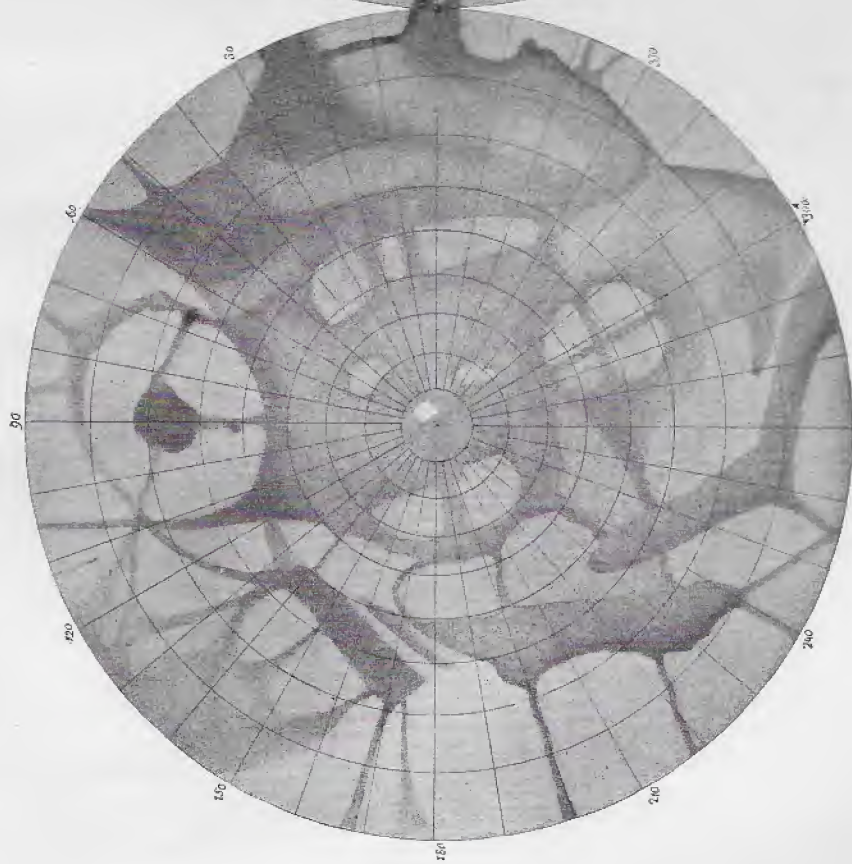
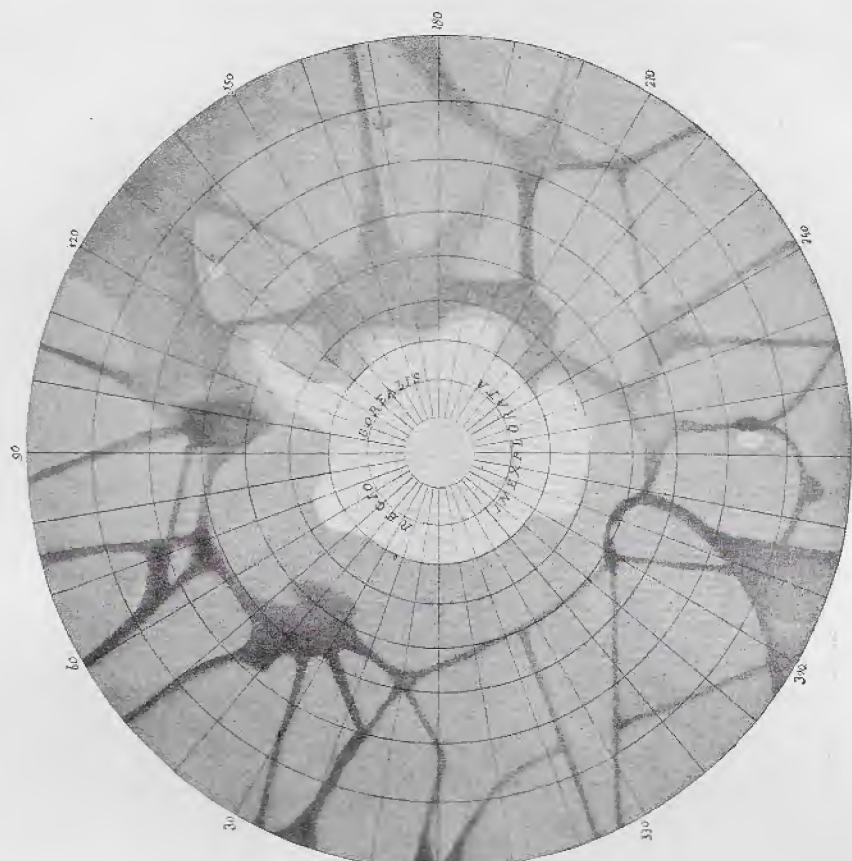
[1] Vedi il *Mare* di E. ROGGERO. Capitolo VII a pag. 347.

Il lento lavorio delle acque che spianerà la Terra.
Il Grande S. Bernardo.

(da *W. Mittelholzer*, « *Alpenflug* »)

disciplinate. Altrimenti allagherebbero tutto. Solo allora gli uomini, davanti all'inesorabile pericolo, si sentiranno tutti fratelli! E in un solo grande e disciplinato lavoro si riuniranno concordi. Forse solo allora, davanti al duro còmpito comune della propria conservazione, dimenticheranno le lotte e le rivalità che in un giorno per essi lontano li tennero sempre in guerra...

Ma un altro fenomeno sta pure lentissimamente ma incessantemente avvenendo. La traslazione dei poli dovuto allo spostamento dell'asse terrestre. I poli si muovono. L'asse polare si scosta lentamente da oriente ad occidente, descrivendo un cono, del quale il vertice sarebbe il centro della terra. I geofisici moderni ci dicono che questo cono polare viene descritto ogni *venticinquemila* anni all'incirca, dopo di che l'asse terrestre ripassa per le stesse posizioni per eseguire nello stesso periodo di tempo una nuova rotazione. E così di seguito... È quel movimento che in geodesia fu chiamato « fluttuazione delle latitudini » e la cui spiegazione c'è ancòra oscura, sebbene molti studi in proposito, da lord Kelvin al nostro Volterra, sieno stati fatti in proposito. È un altro degli enimmi da elencare fra gli altri nel nostro libro.

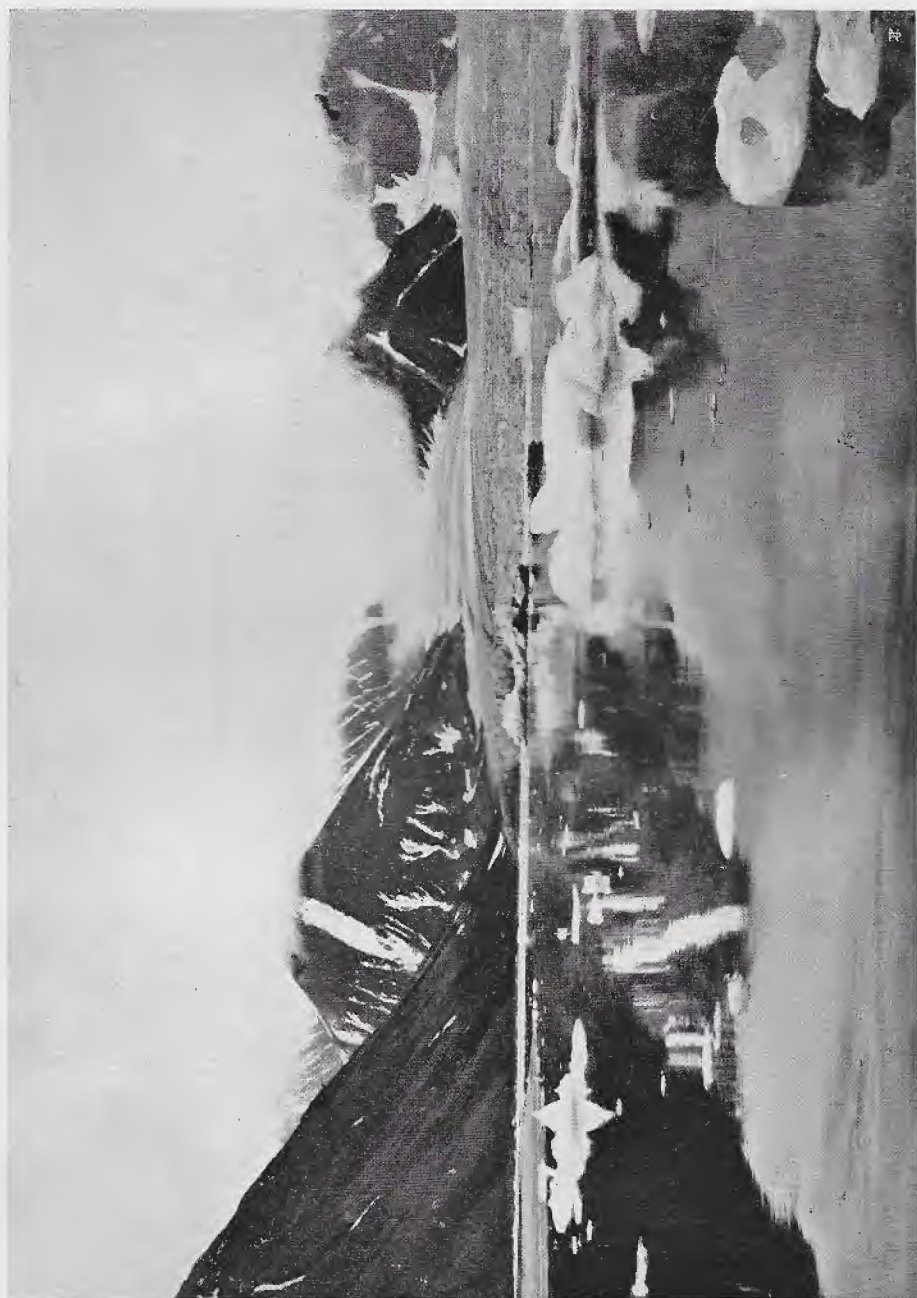
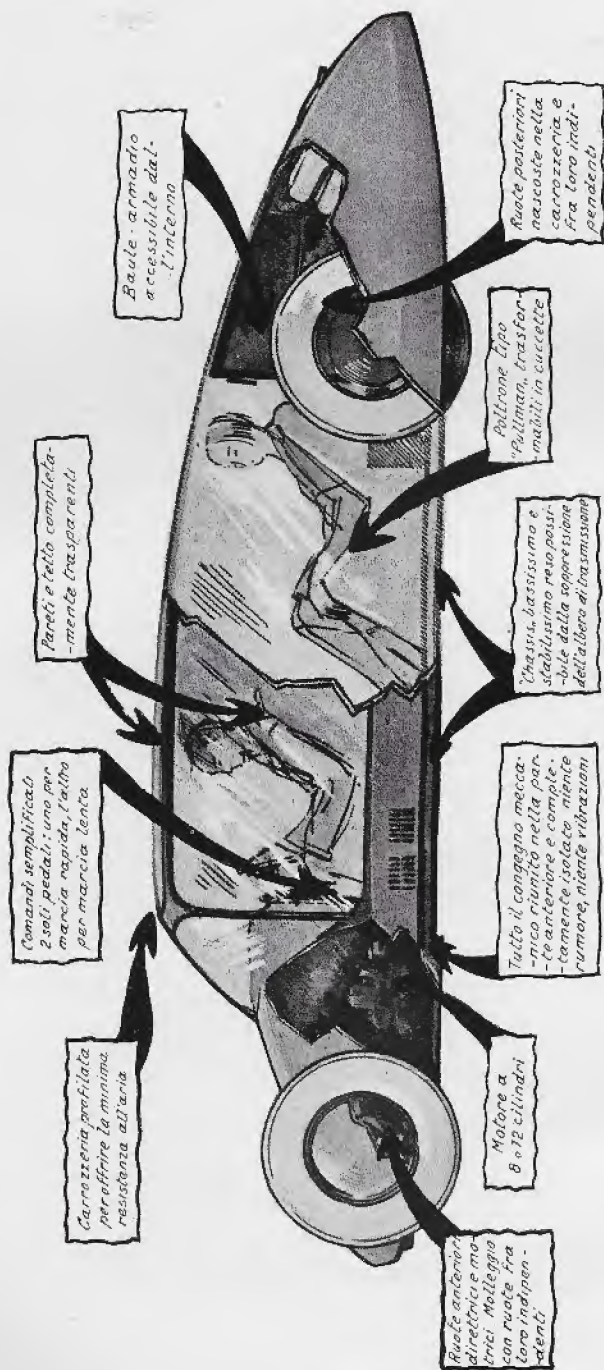
Sopra questa « precessione degli equinozi » molto s'è scritto e molto si scrive tuttora. Fu studiata, tra i primi, dal nostro Schiaparelli. Poi vennero gli studi del Dutton, di Hayford e dell'astronomo inglese Pratt, del finlandese Heiskanen in rapporto alla gravità terrestre e del Weyener. Il fatto è che s'è concordi ormai nel ritenere che l'asse polare si sposta da oriente ad occidente in un periodo di tempo pari a 25.796 anni. Il che porta come conseguenza la diversa durata delle stagioni, le quali non sarebbero quindi fisse ma relative. Ma il grande ciclo che occorre per il compiersi di questo movimento ci dice quanto esso sia lento. Si tratta di pochi *secondi* (da uno ad uno e mezzo) di grado per ogni secolo! La Natura va lenta quanto sicura. Lo Schiaparelli calcolò che in cento anni il polo nord si sarebbe allontanato dai nostri paesi da 30 a 35 metri. Il che porta che di pari distanza noi ci saremmo avvicinati all'equatore. (Sono interessanti a questo proposito gli studi fatti ultimamente dal prof. Armellini di Roma sopra la lenta diminuzione di latitudine che avrebbe subìto il Campidoglio dal 1870 ai nostri giorni: ma si tratta di centesimi di minuto secondo di grado).

Emisfero australe.

Emisfero boreale.

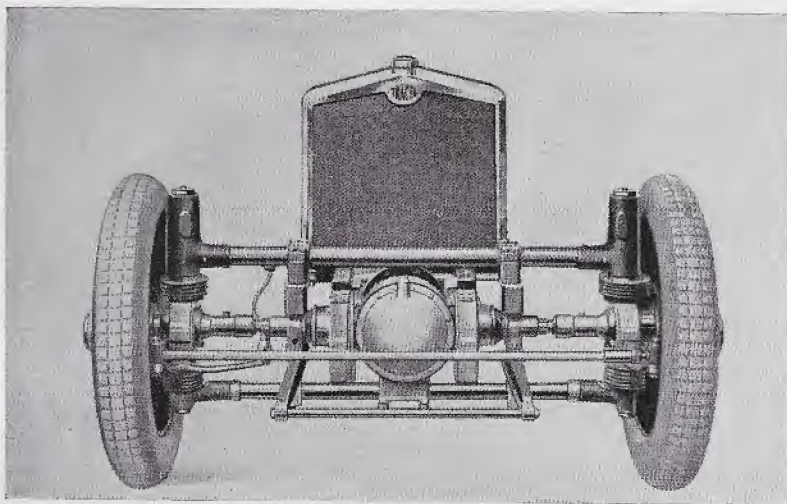
I canali di Marte scoperti da Schiaparelli e che si suppongono costruiti dai marziani per salvarsi dall'invasione delle acque.

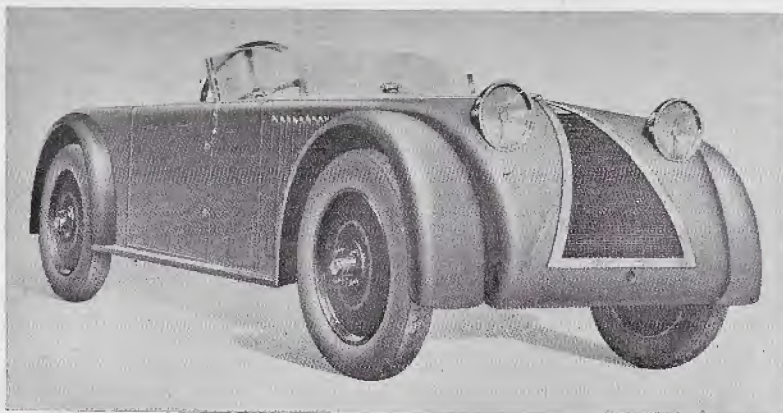
(dalle « ***Opere complete di** G. **Schiaparelli*** », Edizione Nazionale di *U.* ***Hoepli,*** edit. Milano.)

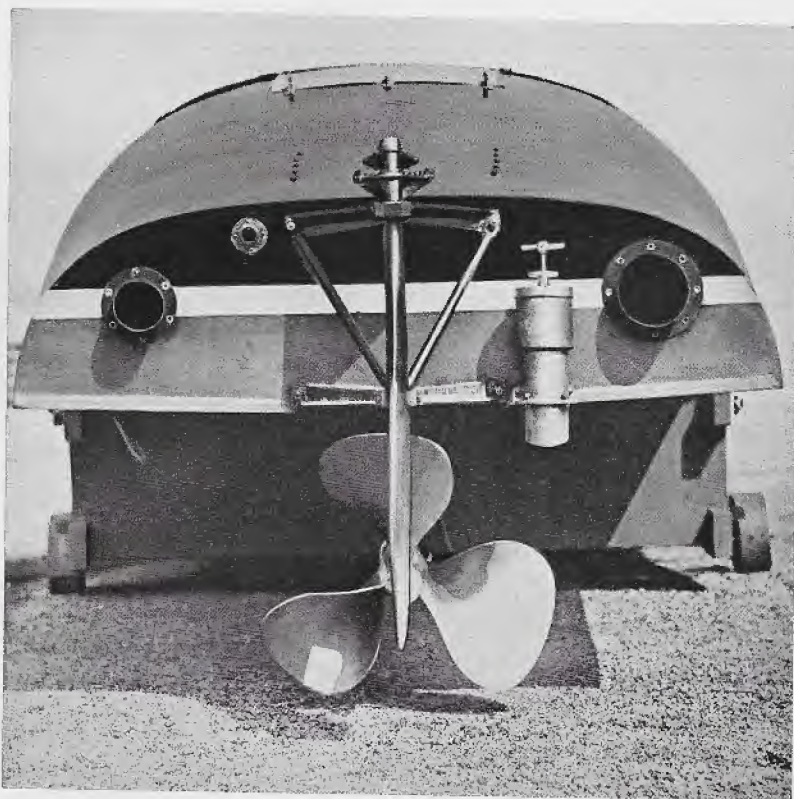
Questa « fuga » del polo Nord ci spiegherebbe il fatto che anticamente le regioni polari abbiano goduto di un clima tropicale. Sono stati colà scoperti avanzi fossili di flora e di fauna proprie delle regioni equatoriali. Lo stesso nome di Groeland dato alla Groelandia, che significa *terra verde*, mentre si vede oggi tutt'altro che verde

La Groelandia, già *terra verde*, come si vede oggi.

ma coperta quasi in permanenza di ghiacci, ci fa supporre che in tempi relativamente a noi recenti, (forse anche per effetto di corso diverso della famosa corrente marina del *Gulf-Stream)*, quelle regioni ora glaciali godessero di un clima assai più dolce. Tutto del resto ci porta a credere che in epoche geologiche remote il sole dardeggiasse con i suoi raggi fecondatori tanto le regioni artiche che quelle prossime all'equatore. È vero anche però che può essere che allora il Sole presentasse un diametro molto maggiore di quello d'oggi, in modo che più di metà della Terra si trovasse sempre avviluppata dai cocenti suoi raggi.

La nostra verdeggiante Italia sepolta nei millenni futuri sotto i ghiacci polari...

La *trazione anteriore* è *le dernier cri* dell'automobile d'oggi.

(dalla « *Vu* », Ottobre 1929).

La trazione anteriore.

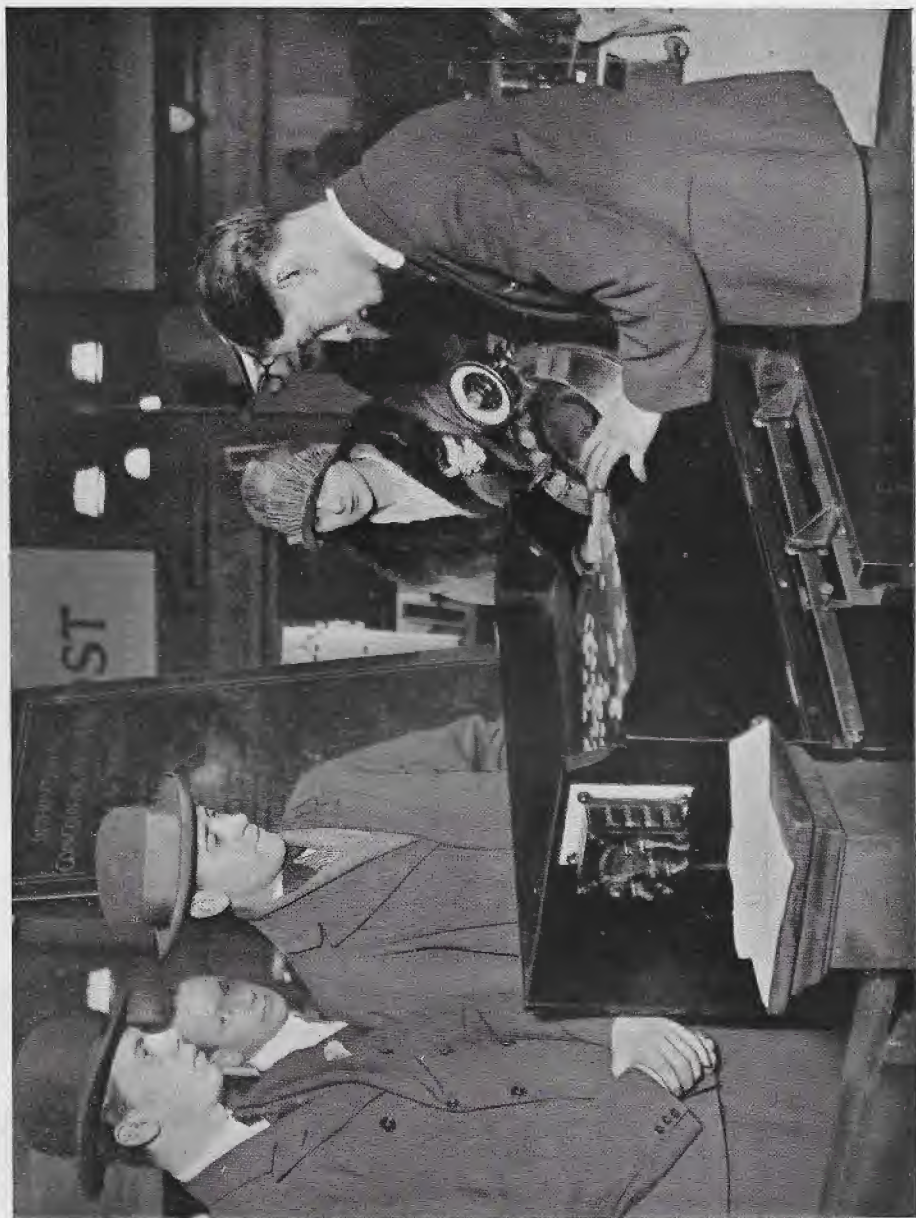
Chassis Tracta. *Il problema della sospensione sarà risolto quando ognuna delle quattro ruote avrà il proprio molleggio del tutto indipendente.*

Si vedono già circolare (fine 1929) le macchine col radiatore e con il cofano formato in modo da offrire la minima resistenza al vento. Sono già evidenti gl'insegnamenti dell'aviazione che si sforza di dare all'ala il massimo della sua potenza aerodinamica.

Certo è che se il fenomeno della traslazione polare è reale, molti cambiamenti dovranno avverarsi, come clima, nei continenti abitati ora dagli uomini.

L'auto da corsa con movimento ad elica che Miss Carstairs, guidatrice inglese, prepara per le corse di Detroit.

Ve la figurate la nostra verdeggiante Italia sepolta sotto i grandi ghiacci polari?...

***

Gli uomini dovranno subire gli effetti di tutti questi mutamenti terrestri.

Per una vecchia legge di natura — comune a tutti i viventi,

La vita meccanica.

Per non perdere tempo oggi noi facciamo contare le monete di rame e di nichel da una macchina giudiziosa che poi le suddivide esattamente.

animali e piante — essi dovranno uniformarsi (« adattarsi » è la parola biologica) ai nuovi climi, ai luoghi, ai mutati caratteri metereologici e fors'anche fisici ai quali verrà assoggettata la terra.

È anche vero però che i bradisismi — il lento sollevarsi da un lato per abbassarsi dall'altro dei continenti nel mare — creerà nel frattempo continenti nuovi nel mentre seppellirà i nostri d'oggi negli abissi oceanici.

Il ricordo della classica *Atlantide*, della nostra Tirrenia, della Lemuria, del grande continente *neartico*, delle quali — sia storia o leggenda — le terre che noi oggi abitiamo sarebbero le reliquie, viene opportuno.

Ma non abbiamo troppo da sgomentarci, noi. Occorreranno molti ma molti millenni prima che il nostro mondo lasci il varco al nuovo, suo erede. Molta storia è ancòra riserbata ai cinque nostri vecchi continenti così fervidi di vita mentre il lettore ci legge! Ma dovranno pur cedere il posto ai futuri... Senza troppa fretta, però. La Scandinavia, come si sa, è la terra europea che più marcato va presentando ai geologi il fenomeno di sollevamento al nord per sprofondarsi nel mare al sud. È il « movimento di altalena » come lo chiamano i geofisici. Orbene, mentre nel golfo di Botnia essa si va innalzando in media di 1 metro e 30 cm. per ogni secolo, verso Malmöe, dalle prime osservazioni fattevi da Linneo, s'è abbassata di un buon metro e mezzo e la costa è già discesa in acqua per trenta metri. Come si vede quivi il movimento ci si mostra inesorabile.

Nuovi mondi, dunque, saranno in questo lontano domani della terra che sino da oggi si va preparando. Nuove umanità, forse del tutto diverse dalla nostra, sorgeranno, a grandi cicli, per continuare quelli già scomparsi nella preistoria. Ed a noi d'oggi sarà riserbato il còmpito di rinnovare, per questi nostri posteri lontani, le ignorate storie e le leggende delle per noi ormai classiche Atlantidi platoniane e delle Tirrenie italiche...

Il filosofo malinconico osserverà a questo punto: tanto fervore di vita, tante lotte, tanta passione di studi, e fatica, dolori, brevi istanti di gioia e sogni di conquista per... non essere altro, un giorno, che un classico ricordo di leggenda? Consoliamoci col pensare che come questo fu per Atlantide e per Tirrenia sarà anche per i nuovi popoli che verranno a prendere il nostro posto, come i loro nuovi

La vita meccanica. — *La contabile d'acciaio.*

continenti, le loro civiltà rinnovate e speriamo più perfette delle nostre, i loro sogni di conquista, le loro battaglie e tutte le loro illusioni...

E poi?

Poi la terra lentamente decaderà.

Il grande astro che tanta ricchezza di vita risveglia ora sul nostro mondo, e che tanta ancòra ne largirà a quelli che ci seguiranno, finirà per indebolirsi anch'esso e diventar povero.

E la terra con la decadenza del sole cadrà nella miseria fisica, che andrà facendosi man mano con i secoli sempre più atroce. Comincerà la sua agonia...

Che avverrà dell'umanità superstite che avrà potuto resistere sino a quei giorni?... Certo prima di morire essa si difenderà ad oltranza. Poichè il deperimento graduale della terra avrà portato con sè quello delle energie ch'essa ha tenute rinchiuse così abbondanti per tanto tempo nel suo seno.

E verrà allora il momento per gli uomini di mettere mano alle grandi riserve delle energie oggi per loro immagazzinate.

***

Gli uomini d'oggi già cominciano a preoccuparsi di quali potranno essere queste energie in riserva che potranno venire sfruttate dai nostri posteri.

E prima d'ogni altro pensano a che cosa essi potranno — e in un tempo molto più vicino a noi di quello tragico che dovremo fra poco raffigurarci — sostituire al carbone.

Quando finirà il carbone sulla terra?

La risposta è meno facile della domanda.

Bisognerebbe poter sapere, almeno con una certa approssimazione, la quantità del carbone fossile giacente nelle viscere terrestri e non ancòra sfruttato. Se la cosa è possibile per i giacimenti in via d'estrazione, diventa quasi impossibile per quelli ancòra ignorati. Se la profondità terrestre di 1500 metri — ci dice l'ing. Chaumont delle miniere francesi — è praticamente accessibile, a 2000 m. le difficoltà diventano già grandissime.... Occorre poi poter valutare con precisione il consumo annuo medio del carbone in tutto il

L'anima della macchina dei numeri.

mondo. Ora è difficile poter determinare quale esso potrà essere fra cento o centocinquant'anni. La statistica ci mostra che il consumo mondiale va rapidamente aumentando. Dal 1800 al 1913 la curva ascendente è sempre salita: da 15 milioni di tonnellate nel 1800 è arrivata a ben 1250 milioni nel 1913!... E va sempre salendo. « Da un terzo di secolo — ci dice l'ing. Chaumont — assistiamo ad un crescendo incessante dei nostri bisogni e delle nostre esigenze... » e chi ne fa le spese, nei grandi centri industriali, naturalmente è il carbon fossile. Ora se ammettiamo, all'incirca, una ricchezza mondiale di 7500 miliardi di tonnellate di carbone essi saranno consumati in circa 2000 anni. Queste cifre ci sono state fatte in una notevole conferenza tenuta nel 1923 all'Esposizione inglese di Wembley, calcolando i giacimenti di tutta la terra sino a 1500 metri. Queste riserve verrebbero ripartite in questa proporzione: il 10 per cento all'Europa ed il 69 per l'America. L'Asia avrebbe il 17, l'Australia il 3 e solo l'1 per cento l'Africa! Com'è purtroppo noto la situazione carbonifera in Europa già s'è fatta difficile: contro i 700.000 chilometri quadrati di terreno carbonifero che arricchiscono gli Stati Uniti, l'Europa non può opporre che i suoi molto più limitati giacimenti inglesi, tedeschi, belgi e francesi. La situazione oggi è questa: tranne l'Inghilterra che può ancòra esportare, la Germania cerca diminuire più che può la propria esportazione, il Belgio non esporta più. Quanto a noi è caratteristica questa frase dell'ing. Chaumont: « L'Italia è oggi l'imagine vivente di quel che sarà più tardi tutta l'Europa impoverita di combustibile ». E noi potremmo aggiungere: e l'Italia sta insegnando al mondo il modo di vivere egualmente e prosperare malgrado la mancanza nel suo sottosuolo del combustibile nero. Vedremo come.

Passando al petrolio questo sarà il primo combustibile che verrà a mancare all'uomo. L'esaurimento già si fa sentire negli Stati Uniti, e la sua produzione non si mantiene viva che in grazia ai nuovi bacini petroliferi del Texas, del Colorado e della California. Anche nel Caucaso ed in Galizia la produzione del petrolio va diminuendo. Anche pel petrolio il consumo è andato vertiginosamente aumentando. Nel 1860 l'estrazione totale era di pochi milioni di tonnellate: nel 1920 fu di 98 milioni. Che cosa lasceremo ai nostri posteri?... Basti dire che i giacimenti americani, secondo una relazione fatta

nel 1913 al Congresso geologico tenutosi al Canadà, ne ha solo ancòra per novant'anni. E il celebre Svante Arrhenius commentò: « La cosa va bene per gli azionisti attuali, ma i loro figli e nipoti non avranno di che rallegrarsene ».

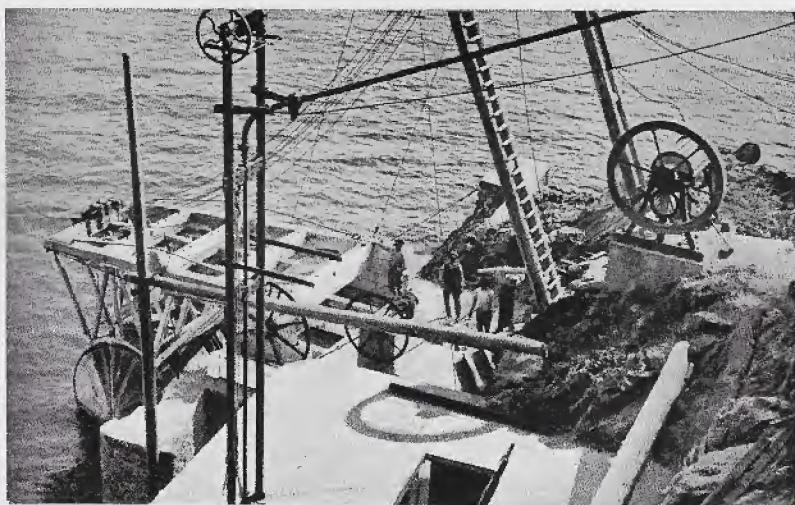
Si supplisce intanto con il petrolio sintetico. Ne abbiamo già molti processi: quello tedesco del Bergins, basato sopra la combinazione degli idrocarburi con l'idrogeno sotto pressione; quello del *cracking* (decomposizione o dissociazione degli idrocarburi pesanti); il processo Mailhe di Tolosa che ha per base l'olio vegetale; quello sul coke di lignite... Il russo Makhonine ha ottenuto un suo carburante derivato dall'olio pesante e s'è ricorso persino agli esplosivi, come l'*irolina* del Laurent, fatto con l'*irol* in soluzione carburata...

Da anni, del resto, tutti i chimici stanno studiando un carburante atto a sostituire la benzina, diventato monopolio di alcuni grandi Stati, a capo de' quali stanno gli Stati Uniti. Quindi ne sono sorti oli pesanti, gas illuminante, alcool metilico di sintesi, e fra gli ultimi il « sinto-carbonio » del Roux, ch'è un carburante sintetico, il quale però è ancòra, mentre scriviamo, in esperimento.

Ma abbiamo una vera ricchezza, che finora non è stata considerata come merita: la foresta. Essa vive con noi e con noi si rinnova. Alla foresta dovranno badar molto i nostri nipoti e pronipoti. La foresta è una grande sorgente d'energia. Essa, lo abbiamo detto, *accumula il sole* nel suo legno. È stato calcolato che l'energia che il sole irradia sulla terra viene assorbita dalla vegetazione in ragione del 0,12 per cento. Pare, a prima vista, una piccola quantità: eppure essa rappresenta *ventidue volte* l'energia di tutto il carbon fossile che arde nel mondo! Di essa le foreste ne assorbono il 67 per cento, un po' meno le colture (il 24 per cento). L'energia accumulata dalle sole foreste rappresenta quindi 14 volte quella del carbone che si consuma in un anno.

L'avvenire dei nostri posteri dunque è basato sulle foreste. Ed occorre provvedere per essi sino dai nostri giorni. L'Arrhenius ci osserva a questo proposito: « L'Inghilterra, la Germania, la Russia, specialmente, faranno bene a tornare al tempo di Tacito e rivestirsi di foreste, nelle quali e delle quali si vivrà in modo meno artificiale del presente e certo non meno morale ».

La sostituzione del gas povero ottenuto dal carbone di legna

alla benzina ha intanto da noi in Italia fatto ottima prova. Già da diversi anni la *Società Sclabsa* di Postumia tiene in esercizio degli autocarri funzionanti a carbone di legna per il trasporto del legname dalla segheria alla stazione ferroviaria. Il prof. Palazzo, del R. Istituto Superiore di Firenze, dagli esperimenti da lui eseguiti per l'applicazione del nuovo carburante nel trasporto del legname dalla foresta demaniale della Sila a Cosenza, ci fornisce i dati di rendimento

Il galleggiante per l'utilizzazione dell'energia prodotta dalle onde marine a Voltri, dell'ing. F. Cattaneo.

che sono veramente confortanti... anche per quelli che verranno dopo di noi. Un litro di benzina (con un autocarro Fiat 18 B. L.) è stato sostituito da chilogrammi 1,3 di carbone di legna, senza dar luogo a nessun inconveniente. Come saggio poi della convenienza basti dire che il costo del viaggio fra Cosenza, Cecita e Cosenza, fatto a vuoto nel primo tratto e col carico normale di 6 metri cubi di legname nel secondo, per un complessivo percorso di 100 chilometri, è risultato di L. 171, attribuendo al carbone un prezzo di 30 lire al quintale, mentre il costo dell'esercizio a benzina costava L. 368. Verrebbero quindi chilogrammi 90 di carbone del costo di lire 27 contro 68 litri di benzina per L. 212.

Il carbone bianco.

I grandi impianti idraulici delle Officine Nazionali di Savigliano.

Questi dati ufficiali nel mentre ci dicono quale avvenire di economia può risultare da quest'applicazione della legna alla nostra industria forestale ch'è essenzialmente di montagna, ci presenta una delle possibilità avvenire quando i carburanti d'altro genere verranno a rendersi più rari.

Poi vi sarà il « carbone bianco » e cioè la forza idraulica da sfruttare largamente. Se anche questa forza fu, come prima idea, di Leonardo da Vinci è solo negli ultimi trent'anni che ha avuto razionale applicazione. E l'Italia, con i suoi perfetti impianti idroelettrici, non è davvero seconda a nessun altro paese. Nel primo Congresso del « carbone bianco » nel 1902 a Grenoble il ministro francese Hanotaux ebbe una frase felice: « S'è compiuta una grande rivoluzione: la montagna sino ad oggi arida e infeconda prende parte al lavoro universale ». Ma è in America che questa nuova fonte di energia s'è andata sviluppando rapidamente: già nel 1917 poteva disporre di 6 milioni di C. V. in azione contro 27 milioni di cavalli termici. Il *Niagara's Fall* con una potenza di 7000 metri cubi al secondo presenterebbe, secondo l'ing. Lecornn, la formidabile riserva di 13 milioni di C. V. Noi abbiamo i grandi impianti del Piemonte e della Lombardia. Da un prospetto dell'Arrhenius le riserve mondiali, in milioni di C. V. sarebbero: 236 per l'Asia, 106 per l'Africa, 160 per l'America del Nord e 94 per quella del Sud. Poi verrebbero l'Europa con 65 e l'Australia con 30.

Vastissimi progetti sono in istudio: e l'avvenire anche per il « carbone bianco » si sta preparando.

Si trarrà anche partito dalla enorme energia che rinserra il mare con il continuo suo movimento ondoso. Intanto qualcosa già s'è fatto per le maree, utilizzandole per i mulini. Il prof. Clande (noto per « l'ammoniaca sintetica » in Francia) lesse non è molto una sua relazione all'Accademia delle Scienze di Parigi assai interessante sopra l'energia che il futuro potrà trarre dai mari tropicali. Egli si basa sulla differenza di temperatura che tutti i mari presentano alla superficie in confronto alle grandi profondità. I mari tropicali che alla superficie presentano 28° verso i mille metri conservano la temperatura media costante di 4°. Ora questo dislivello termico fra 28 e 4 può dare un'energia straordinaria. Ed ecco come. Portando l'acqua della superficie, e cioè a 28°, in un recipiente nel quale è stato fatto

il vuoto, essa entra subito in ebollizione: incanalando il vapore prodotto esso farà agire una turbina. Prendendo invece l'acqua dei fondi, a 4°, si può avere di che alimentare i condensatori-refrigeranti.

Per l'acqua marina a 28° Claude calcola che con un metro cubo si possano avere non meno di 500 calorie: da cui si ha che con 1000 mc. al minuto si avranno, computate tutte le correzioni per le perdite ed altro, ben 600.000 cavalli vapore!

Mulino azionato dalla marea con bacino di riserva.

L'idea è buona, ed a noi serve a dare un saggio quali potranno essere, fra le altre, le future energie di lavoro.

Quanto all'energia sviluppata dalle onde marine, che già si comincia a chiamare « carbone blu », essa fa dire al noto oceanografo Berger: « Nella baia di Mont Saint-Michel ogni chilometro quadrato agitato alla superficie del mare rappresenta una forza media di 20.000 C. V. e questa baia non ha meno di 300 chilometri quadrati di superficie! ». Ma il modo di sfruttare utilmente tutta questa forza ora inoperosa sarà còmpito degli ingegneri ed idraulici di domani.

L'energia del vento è stata valutata a 5000 volte quella data dal carbone che si brucia annualmente. Ma per ora va quasi tutta di-

spersa, tranne che per i mulini a vento di certe regioni e per le navi a vela. Anch'essa sarà un giorno disciplinata e convogliata per i bisogni dell'uomo futuro.

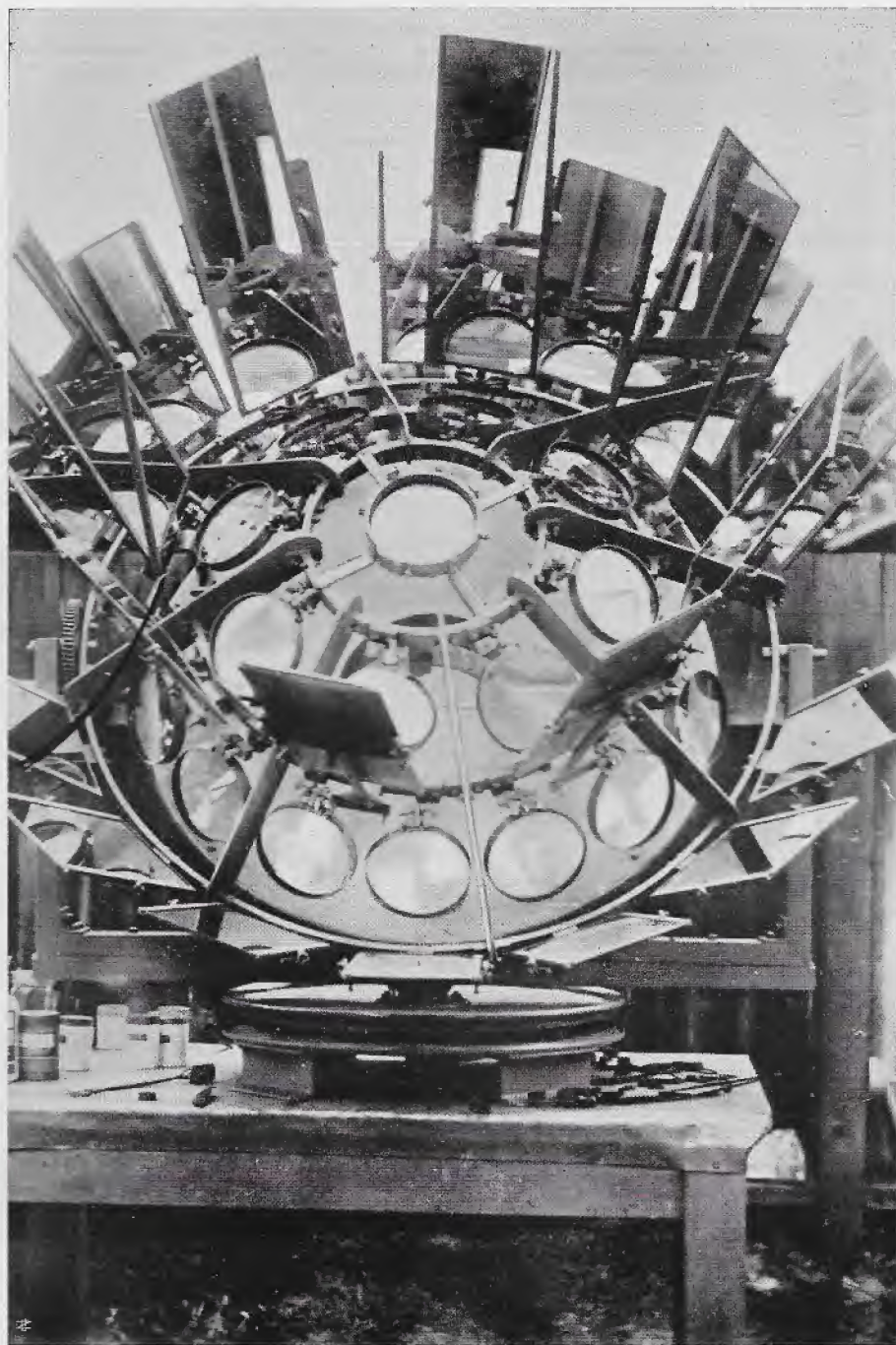
E finalmente v'è l'energia che il sole ogni giorno versa a torrenti sopra tutto il mondo. Ne abbiamo molto discorso altrove. Essa è 70.000 volte superiore a quella che ogni anno ci dà tutto il carbone che si brucia sulla terra. Sentite, secondo il prof. Very, che razione di energia il sole distribuisce per ettaro e all'anno ai nostri continenti: l'Europa centrale riceve 5 milioni di kilowatts-ore; 6 milioni ne riceve l'America del Nord e 12 milioni quella del Sud. Non c'è male. Ora, il pensare che i nostri posteri cercheranno di trarne partito, è più che ragionevole.

Intanto è certo che, in un avvenire più o meno lontano, grandi spostamenti dovranno avvenire nel mondo quanto alla potenza industriale dei paesi che ora tengono la supremazia, e questo principalmente quando verranno esaurite le riserve del carbone fossile. L'esempio dell'Europa di fronte all'America ci dice che il movimento forse è già cominciato. E sarà seguito da un relativo spostamento di civilizzazione...

Forse il ciclo sarà questo: dopo l'Europa l'America, dopo l'America l'Asia, dopo l'Asia... Comincerà forse, dopo l'Asia, il nuovo grande ciclo, l'erede di questo nostro, sino da ora già abbastanza avanzato nell'età dei cicli umani mondiali ma che non sappiamo quale potrà essere?...

***

Poi verranno le grandi energie nascoste, quelle che noi ancòra non sappiamo usufruire in nessun modo.

Si nutrono grandi speranze sopra le sostanze radio-attive. Il lettore ne sa già qualcosa. Quando si pensa — ci dice il Soddy nella sua opera sul radio — che in un ettogrammo d'uranio, che è prodotto annualmente a decine di tonnellate, sonnecchia un'energia di 40 tonnellate di carbone che attende la sua liberazione, noi d'oggi, di fronte al problema vano per noi di utilizzarla, ci troviamo nella condizione in cui era l'uomo selvaggio col fuoco, nei primordi dell'umanità!

Le energie di domani.

Il « forno solare » del Moreau in California, a specchi e lenti.

Riuscirà mai l'uomo di domani a farsene padrone?...

Il problema, certo, si presenta tutt'altro che facile. Si tratta di riuscire a *strappare* questa energia immagazzinata nei corpi radioattivi nel tempo più breve, perchè possa esserci utile. Ora il lettore non deve dimenticare che la vita media del radio, e cioè il tempo che gli occorre per sviluppare tutta la sua formidabile potenza (360.000 volte maggiore di quella di un pezzo di carbone dello stesso peso) sale a quasi duemila anni!...

Ma il giorno che vi s'arriverà sarà pure una grande conquista! Gustavo Le Bon, nella sua *Evoluzione della materia*, ci dice: « In una moneta da cinque centesimi di rame vi sono 510 miliardi di chilogrammetri immagazzinati! ». Ed il Besson: « La disintegrazione di qualche chilogramma di piombo o di ferro basterebbe a produrre quello che attualmente abbisogna di milioni di tonnellate di carbone... L'oro diventerebbe un sotto-prodotto del piombo, e sarebbe in un oro vile che il piombo verrebbe mutato! ».

Ve la imaginate la poderosa umanità che potesse disporre a suo piacere di questa formidabile ricchezza di forza?... Tutti i nostri prodigi verrebbero ricordati come modesti trastulli da ragazzi! Come noi, quando pensiamo al primo bastone di resina sul quale da Franklin a Volta si arrivò a quanto abbiamo conquistato nel mondo della elettricità...

Tutto ci dice però che sarà quella atomica l'ultima sorgente di energia dell'avvenire lontano.

Ma sarà allora che gli uomini dovranno unirsi tutt'insieme per difendersi da un grande terribile fatto: l'agonia che starà per cominciare del nostro mondo e della sua umanità.

Poichè tutta la forza potente della quale potranno disporre questi lontanissimi nostri discendenti non li salverà dall'inevitabile destino ch'è in tutte le cose del cosmo: il deperimento e la fine.

E noi ora ci sforzeremo d'imaginare quali potranno essere questi ultimi secoli o millenni dell'umanità invecchiata col mondo che per tanto tempo l'ha ospitata e nutrita.

Le energie di domani. — *Specchio parabolico Shumann per raccogliere il calore solare.*

*
* *

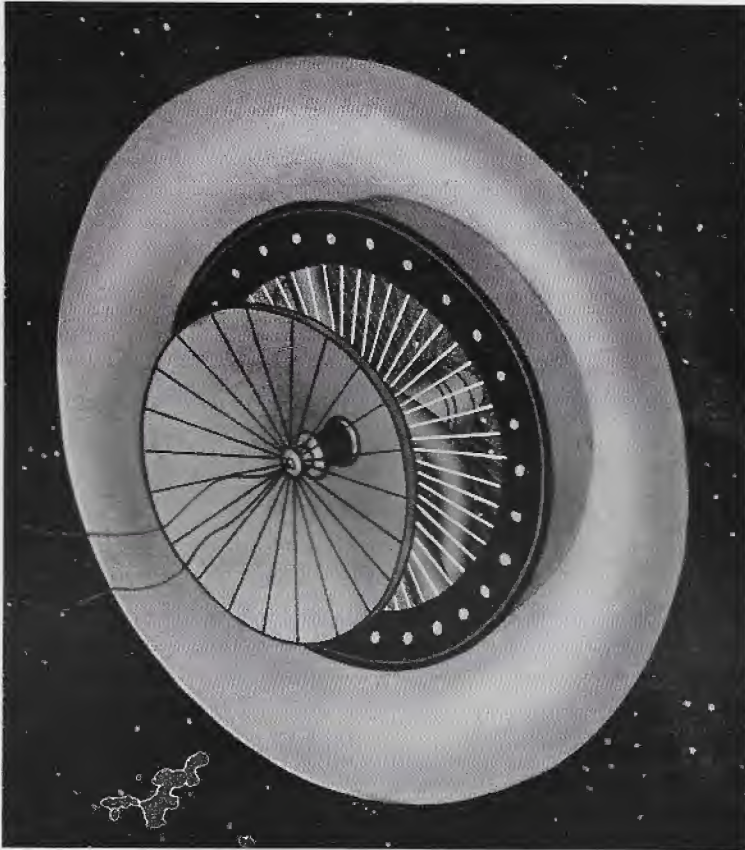
Il più pauroso nemico sarà l'affievolirsi del calore e della luce. Il sole impoverito non potrà più dispensare agli uomini i mi-

Le grandi energie nascoste.

Il tedesco Nordung propone in un suo libro (ed. Schmidt - *Berlino) d'impiegare la forza motrice del sole, catturata per mezzo di specchi raccoglitori dei suoi raggi, per innalzare nelle regioni supreme una ruota volante che potrà contenere nel suo interno viaggiatori aerei.*

lioni di kilowatts-ore che con tanta generosità ha loro regalato per così lunga serie di millenni.

E gli uomini dovranno procurarsi tanto il calore che la luce artificialmente, mettendo mano cioè a tutte le riserve di elio che per milioni di anni la terra tacitamente ha per loro assorbito.

Da questo il bisogno di unirsi tutti fraternamente!... Già co-

La ruota solare aerea di Nordung.

noscemmo le abitazioni nell'aria, i grattacieli di cento piani, nella loro epoca gloriosa. Ora dovremo conoscere le case sprofondate nelle viscere della terra per usufruirne gli ultimi palpiti di calore. L'umanità cominciata con i trogloditi — gli abitatori delle caverne — do-

vrà ritornare, per le sue ultime abitazioni, alla madre terra. Ma con qual differenza!...

Mentre i primi uomini vivevano sotterra per difendersi dalle fiere e dai raggi troppo cocenti del sole, l'uomo dell'ultimo ciclo terrestre chiederà alla terra il calore e il riparo contro la terribile notte che starà per avvolgerlo per sempre. Ma queste ultime case — quasi tombe — saranno rese superbe di tutta la civiltà e il sapere acquisito dall'umanità pervenuta alla sua ultima evoluzione da questi superstiti di un mondo che sta per finire!

Gli ultimi uomini riverseranno nelle ultime loro dimore tutte le estreme forze di cui si saranno fatti padroni, per trattenere sino agli ultimi limiti la vita che sta per scomparire della Terra. E per prolungare di qualche secolo ancòra la loro agonia...

Alle città aeree che abbiamo veduto faranno contrapposto le città sotterranee.

Il lettore che trovasse stravagante o inverosimile queste case e queste città sotto il suolo, diremo che il fatto già si sta attuando. Nel Giappone. I giornali di quel paese, nel marzo 1929, portavano, ed i nostri europei hanno riprodotta, questa notizia che riportiamo testualmente:

« In Giappone è stata proposta la costruzione di un palazzo sotterraneo di ottanta piani che verrà a raggiungere la profondità di circa 350 metri. Si vuole che sin dal disastroso terremoto del 1923 gl'ingegneri di Tokio abbiano ricercato tutti i mezzi possibili per trovare un'architettura assolutamente sicura contro il terremoto, e il progetto di un grattacielo discendente nelle viscere della terra è sorto per tale considerazione. Si tratterebbe di un grande palazzo per uffici e laboratori, che importerebbe una spesa di 200 milioni di lire. La caratteristica principale di questa costruzione consisterebbe in un immenso pozzo rotondo con ossature di acciaio, dentro il quale verrebbero disposti i vari piani. I locali sarebbero mantenuti continuamente illuminati a luce elettrica, e l'aria fresca per la respirazione degli occupanti verrebbe fornita per mezzo di appositi ventilatori. Per recarsi ai vari piani e per risalire alla superficie del suolo, vi sarà un servizio speciale di ascensori in numero sufficiente per l'enorme movimento di impiegati che naturalmente si verificherà in un palazzo con ottanta piani. Ogni ufficio avrà il suo telefono e in

Visioni di domani per i nostri nipoti.

Sopra Nuova Yorck alle ore 8 del mattino prima di atterrare. Sotto è la City con, a sinistra, due grattacieli i cui tetti riuniti formano una piattaforma che serve per gli atterraggi e le partenze.

complesso saranno disposte tutte quelle facilitazioni che si riscontrano nei grattacieli americani, purchè siano compatibili con il fatto che mentre i grattacieli di America lanciano i loro tetti verso le nubi, il palazzo sotterraneo di Tokio rappresenterà il rovescio di essi. Il sistema di riscaldamento si limiterà ai primi piani, perchè ad una certa profondità la temperatura resta sempre mantenuta costante ».

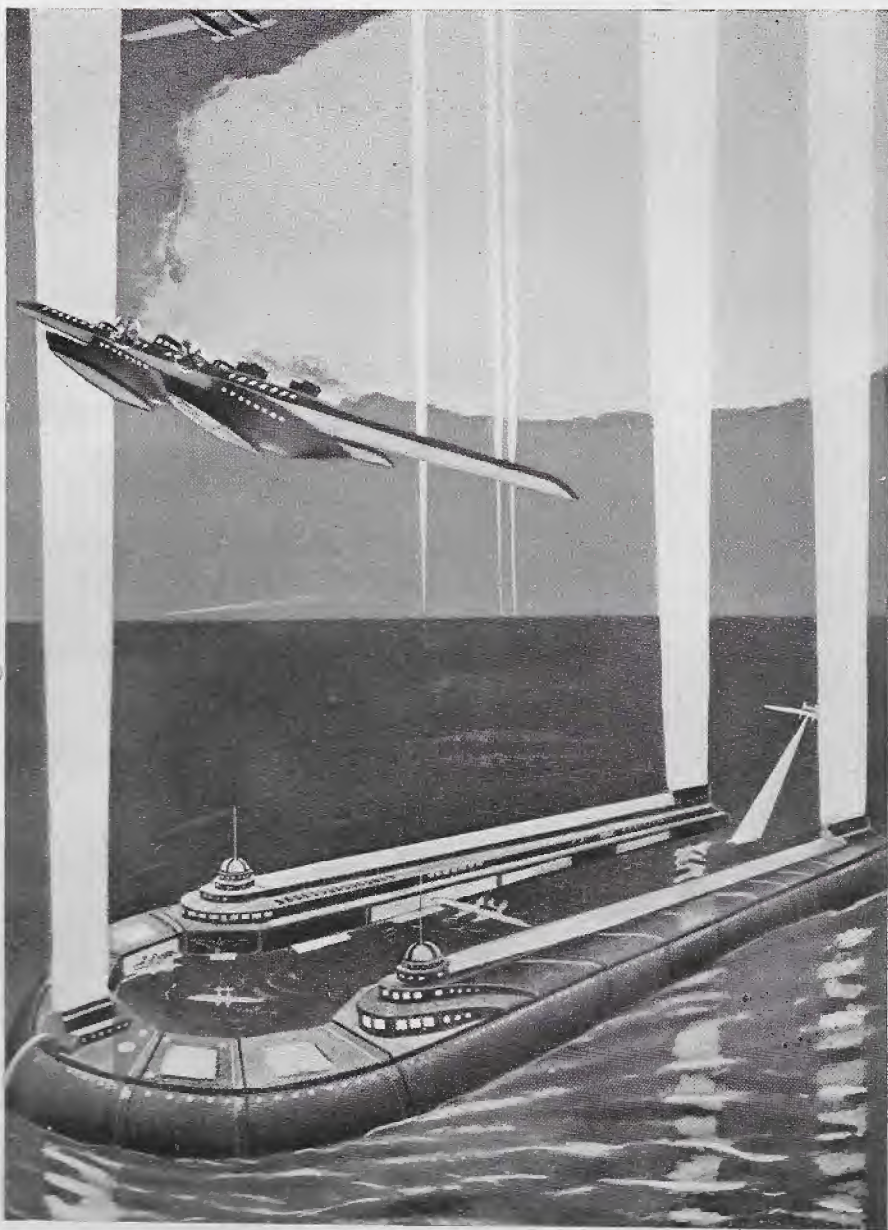
⁂

L'agonia della Terra...

La Terra, sino dalle nostre epoche, tende ad aumentare lo spessore dell'atmosfera che la circonda — la *litosfera* — il che porterà al raffreddamento.

Il raffreddamento assoluto della Terra coinciderà con la fine della vita sopra di essa.

Quando la superficie terrestre si sarà del tutto spianata come già dicemmo, i continenti si trasformeranno dapprima in grandi lande ove scorreranno pigri gli ultimi fiumi. Poichè anche l'acqua è destinata a scomparire dalla faccia della Terra. Il suolo ne assorbe ogni giorno una enorme quantità ma le eruzioni vulcaniche, sotto forma di densi vapori, che si condensano e ricadono sotto forma di pioggia dirotta, la ritornano alla superficie della Terra. Ma anche questo rifornimento, con la cessazione dell'attività vulcanica, verrà a finire. Solo il mare resisterà per qualche tempo a questo assorbimento. Ma in un primo tempo invaderà la Terra e si distenderà da padrone sopra tutto il globo. L'*idrosfera* — che oggi non copre che tre quarti della superficie terrestre — sarà allora completa. Ma non sarà che una immensa palude salmastra. Si rinnoverà sulla terra quel *regno del mare* che già fu in quella lontana êra geologica che incominciò il periodo *cambriano*. Anche allora il mare aveva coperto tutta la terra. Ma allora questa era appena all'alba della sua vita. E lo spettacolo meraviglioso e solenne preludiava alla sua lunga storia che stava per cominciare. Immensi silenzi rotti solo dal muggire dei flutti. A tratti il fracasso rovinoso dei terremoti sottomarini. Ma questa volta il fatto sarebbe definitivo. Non segnerebbe più l'alba del mondo ma il suo tramonto!

E lo spettacolo che presenterebbe sarebbe infinitamente più tri-

Visioni di domani. — *A mezzanotte sull'Atlantico.*

Sull'oceano galleggia « l'isola d'acciaio », gigantesco dock *ancorato sulla strada Europa-America, con piloni di amarraggio e rifornimenti per i transatlantici aerei. Fari, officine, rifornimenti benzina, radio...*

ste. Sotto un cielo freddissimo e povero di luce, queste melanconiche paludi salmastre che già furono il mare ricco e glorioso degli uomini, non parlerebbero che della morte vicina. Quando potrà venire questo triste regno del mare?... L'Helmoltz, deducendolo dall'affievolimento dell'astro solare, l'ha fissato fra diciassette milioni di anni all'incirca. La temperatura sarà allora bassissima, molti gradi sotto lo zero.

Poi anche quello che fu il mare verrà assorbito dal suolo e chimicamente trasformato. Ed al suo posto non apparirà che una sola immensa, candida e gelata crosta di sale.

Sarà questa la morte del mare: che condurrà con sè quella della Terra.

***

L'umanità sarà scomparsa da un pezzo. Noi l'abbiamo veduta negli ultimi giorni della sua vecchia, stanca e agonizzante civiltà. Ma dopo?... I poeti hanno tentato di descriverci lo sgomento dell'umanità errante intorno alle rive dell'ultima pozza d'acqua che sta per sparire per sempre dalla Terra. Ma non è che fantasia. L'essiccazione completa del nostro globo non potrà avvenire che dopo trasformazioni meteorologiche tanto radicali che avranno da molto tempo resa la superficie terrestre completamente diversa da quella che è oggi. Tutte le specie viventi attuali saranno scomparse o mutate in altre lontanissime sotto ogni aspetto dalle nostre.

Quanto all'umanità noi possiamo anche pensare che possa venire sostituita da qualche forma più elevata. Perchè no? Essa continuerebbe in tal modo la serie dei perfezionamenti organici vaticinati dalla teoria dell'evoluzione.

Ma anche questo costituisce uno degli enimmi più profondi la cui previsione nessuno di noi mai potrà neppur tentare di imaginare con verosimiglianza.

È però certo che l'umanità avrà superate tutte le longevità paleontologiche prima che la Terra pervenga al punto in cui pocanzi l'abbiamo lasciata.

La morte della Terra!

Quando il mare sarà scomparso lo spettacolo della Terra sarà

Inanis et vacua errante nell'Universo...

veramente quello di un moribondo. Essa più non sarà che un arido deserto. Un deserto di pietre quale ci appare ne' telescopi la luna. Soltanto il vento dominerà e solleverà nembi di polvere gelata. Poi anche l'atmosfera si dissolverà. Il suolo avrà assorbito gran parte dell'ossigeno dell'aria, e quello non assorbito cadrà, sotto la bassissima temperatura, liquefatto con l'azoto sulla terra. Non resterà per qualche tempo in alto che l'acido carbonico. Poi anch'esso cadrà congelato sulla superficie terrestre. Un nuovo oceano verrà per qualche tempo a riempire i crepacci e le cavità lasciati dal vecchio scomparso: e sarà quello dell'ossigeno e dell'azoto precipitati allo stato liquido. L'atmosfera non conterrà più che l'idrogeno e l'elio, con i più leggeri gas di quanti già animarono la terra. Poi anche questo nuovo oceano si solidificherà. E da questo momento la Terra *inanis et vacua* correrà per lo spazio, gelida e inerte!

Sinchè un giorno piacerà a Dio farla sbattere contro un altro mondo fratello, com'essa morto ed errante nello spazio.

E dallo scontro tremendo sprizzerà il fuoco che riaccenderà una nuova vita in quella dell'Universo.

Epilogo

NOI NON SAPPIAMO.

Siamo così giunti alla fine di questo nostro vagabondaggio attraverso gli enimmi che ad ogni piè sospinto ci ha presentati la scienza.

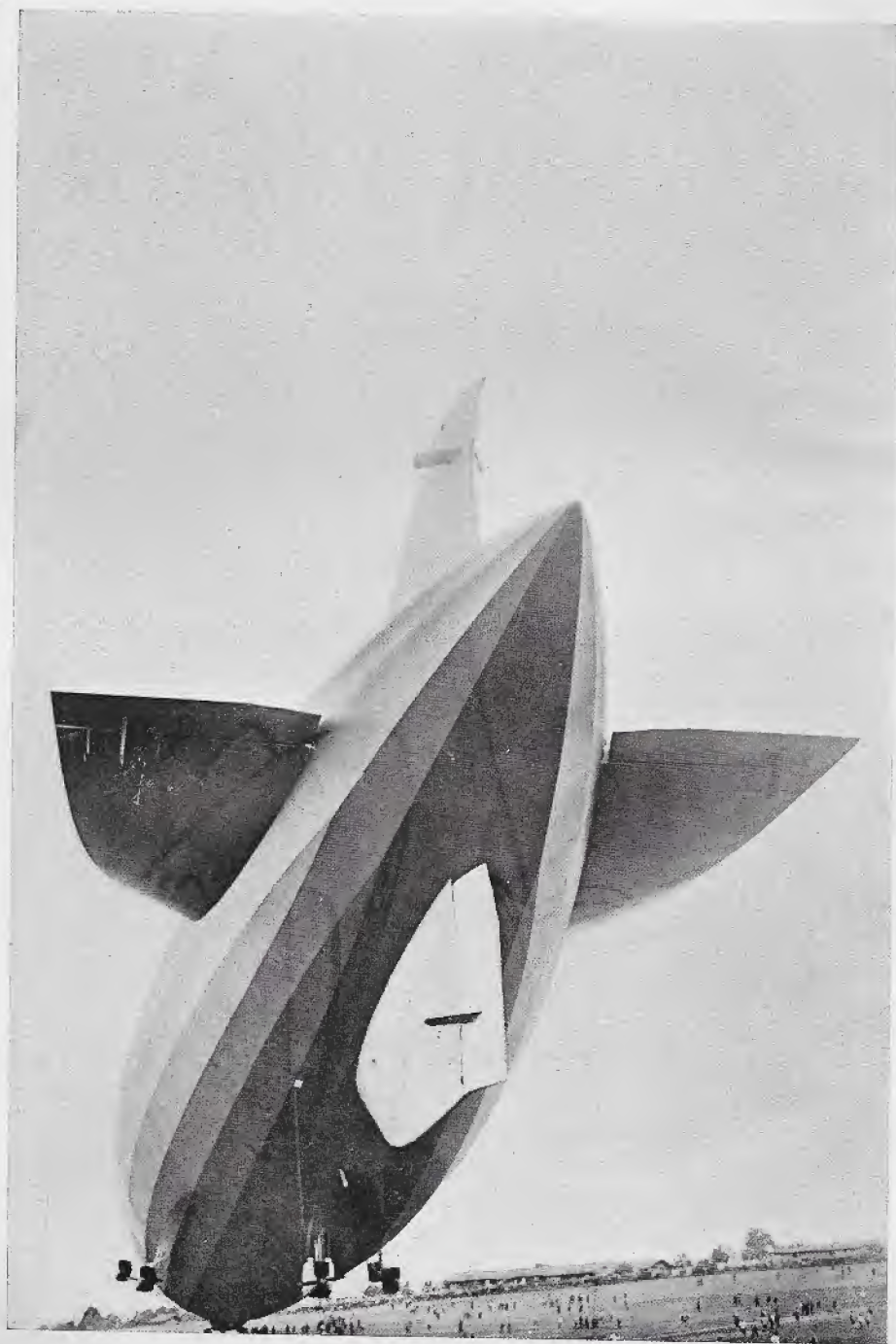
Ma non ne abbiamo sfiorata che una parte... È così vasto il mondo della Scienza e sono tanti i misteri ch'essa ancòra non ha saputo rischiarare! Il lettore che benigno ci ha seguìti fin qui avrà dovuto convincersi come ad ogni principio proposto dalla scienza, ad ogni suo postulato, s'oppone quasi sempre un dubbio, ci s'affaccia una incertezza, si presenta al nostro spirito la domanda: *perchè?*... alla quale non abbiamo saputo dare una risposta.

Tutto il vasto edificio del nostro sapere passato è oggi, si può dire, in revisione.

S'apre forse, anche per la scienza moderna, quel nuovo ciclo che abbiamo veduto essere comandato ad ogni cosa *che è*, sia essa una minuscola esistenza biologica od un grande ammasso stellare?...

Tutti i grandi assiomi del sapere passato, tutti i problemi che si credevano risolti, ci s'affacciano oggi con aspetto nuovo.

La gravità: noi sappiamo come agisce, ma non sappiamo che cosa sia. L'affinità chimica, la natura dell'elettricità e della radioattività, la teoria della luce, la natura stessa della materia, non sono in ultima analisi che ipotesi, e cioè problemi tuttora insoluti. Il lettore lo ha veduto.

Non c'è principio, diciamolo ancòra, per quanto creduto e sostenuto come intangibile che all'ultimo momento non sia stato messo

Oggi.
(L. Z. 127 Graf Zeppelin).

Domani...

in dubbio. Per tanto tempo la indistruttibilità dell'energia ha formato il caposaldo dell'architettura scientifica delle forze che reggono l'universo: tutto passa e si trasforma, s'è detto, solo l'energia resta eterna! *Nulla si crea e nulla si perde,* fu il postulato base della fede positivista della scienza dell'Ottocento. Fu la formula breve che applicata alla materia espresse il principio della « conservazione della materia » ed applicato alla chimica ne fissò una delle leggi essenziali, il principio della « conservazione dell'energia ». Orbene oggi si vanno indagando fenomeni prima poco osservati od anche ignorati i quali ci direbbero che anche questa « immortale » non è più così.

Persino la teoria dell'evoluzione che parve così saldamente piantata e che formò l'orgoglio degli scienziati nostri padri, si va ogni giorno in grande parte modificando.

Il Tempo! Noi ne abbiamo molto discorso sopra queste pagine. Ma, pur dopo tutto quanto se n'è detto, la migliore sua definizione resta sempre quella di Sant'Agostino: « Se mi chiedete se so che cosa sia il tempo vi dirò di sì, ma se mi chiedete che cosa sia il tempo, spiegarlo non so! ». Ben poco, lo abbiamo veduto, noi sappiamo della reale architettura del mondo siderale: ma come possiamo pretendere di sapere quel che avviene lassù, nel mondo spaziale tanto lontano da noi, quando così poco ancòra sappiamo della Terra stessa sulla quale posiamo i piedi?... Tutta la vita pregeologica è tuttora un problema insoluto, e un mistero permane la costituzione del centro della Terra. Tutto c'è ignoto di quello che avviene nel profondo del nostro sottosuolo. Che sappiamo dei vulcani? e dei terremoti?... Il mare! Quale scrigno di misteri è ancòra il mare! E tale resterà forse sempre per noi. Che sappiamo con certezza, per accennare uno solo dei suoi problemi, delle maree?...

La stessa geometria — quella da noi adottata come base di misurazione per quanto ne circonda, la euclidea — non è più vera appena usciti dalle brevi coordinate che reggono il nostro piccolo mondo. Dal padre Saccheri a Riemann, dal matematico Poincaré a Minkowsky, quanti sono che ce lo hanno dimostrato da un pezzo!

Non parliamo di quell'enimma vivente che costituisce il nostro corpo. Che sappiamo in realtà di quel che avviene *entro di noi,* nel duplice nostro involucro di materia e di spirito?...

Che sappiamo del misterioso meccanismo della nostra vita automatica e di tutti i reconditi lavorii della nostra subcoscienza?...

Tutto sommato dunque la Scienza ci si presenta tuttora — e tale sarà forse sempre per gli uomini — come una grande ipotesi. Le sue costruzioni sono precarie. Solo alcune idee semplici, ch'io direi intime, restano immutate: e sono le *verità elementari*, che si mantengono vive attraverso lo sfacelo di tutte le altre più pompose e superbe. E sono quelle che portiamo in noi stessi, forse dall'origine, intuitive. E forse sono esse che ci spiegano, a traverso lo sfacelo e il susseguirsi delle teorie nuove, i ritorni, i « ricorsi » di certi concetti che dall'antichità classica riaffiorano a tratti, come abbiamo più volte veduto nel corso di queste pagine, nelle nostre concezioni più moderne.

***

E giunti alla fine di questo nostro lavoro dobbiamo conchiuderlo con queste parole: *noi non sappiamo.*

Ma non dobbiamo per questo farne rimprovero alla Scienza.

Il vero scienziato ben sa i limiti che alla Scienza sono assegnati. Egli sa bene che l'Assoluto sfuggirà sempre a qualsiasi indagine del nostro spirito e che sino ad esso mai potrà pervenire l'orgoglio del nostro sapere.

La onesta confessione del saggio: « Più studio e più imparo di non saper niente » sarà sempre per noi tutti la verità più sicura.

Quanto alla Scienza — ripetiamolo con un grande fisico — non solo essa non può farci conoscere la natura delle cose, ma nulla v'è che possa farcela conoscere.

Poichè se qualche essere sovrumano la conoscesse pon potrebbe trovare le parole del nostro linguaggio atte ad esprimerla.

Come il capitano Prospero Freri, celebre pioniere del paracadute, ci prospetta una scena di guerre future: l'invasione per mezzo di reparti di truppe che si lasciano cadere dal cielo...

(Dal libro di *P. Freri* : « *Scendendo dal cielo. I salti nel vuoto di un paracadutista* ». Volume in-8°, con 300 illustraz. *Ulrico Hoepli*, Editore, Milano, 1930).

MATERIALE ILLUSTRATIVO

favorito parzialmente da:

Istituto L. U. C. E., Roma; Scuola « Self », Torino; Presse-Photo-Ges. m. b. H., Berlino; Techno-Photogr. Archiv, Berlino; J. Boyer, Parigi; Art. Inst. Orell Füssli, Zurigo; V. Gamalero, Roma; The Studio, Londra; E. Pollak, Berlino; Ringier e C., Zofingen; Hamburg-Südamerik. Dampfschiffahrtgesellschaft, Amburgo; Norddeutscher Lloyd, Bremen.

OPERE CONSULTATE.

Annales de Physique et de Chimie - (1903-1904), Paris.
Atti del Congresso dei Fisici a Como per Alessandro Volta - Como, 1927.
BERTHELOT M., *Chimie organique fondée sur la synthèse* - Paris, 1860.
BRUNHES B., *La Dégradation de l'Energie* - Flammarion, Paris, 1927.
BRUNORI N., *La Medicina e la teoria elettronica della materia* - Istituto Editoriale Scientifico, Milano, 1927.
CASTELFRANCHI G., *Fisica moderna* - (2ª edizione), Hoepli, Milano, 1930.
CAUDA, *Il cinema sonoro*, U. Hoepli, Milano, 1930.
CHANT C. A., *Our wonderful Universe* - G. Harrap e C., London.
CURIE P., *La Radioattività* - Dal « Journal de Chimie physique », Tomo I, Paris.
DARWIN C., *The origin of species* - London, 1859.
DUPONT P., *La notion du Temps d'après Einstein* - F. Alcan, Paris, 1921.
EDDINGTON A. S., *Stars and Atoms* - Clarendon Press, Oxford, 1927.
EINSTEIN A., *L'éther et la théorie de la Relativité* - Gauthier-Villars, Paris, 1921.
FERMI E., *Introduzione alla Fisica atomica* - Zanichelli, 1928.
FOURNIER D'ALBE E. E., *La nuova teoria dell'elettricità* - Bocca, Torino, 1908.
GAIL O. W., *Mit Raketenkraft ins Weltenall* - K. Thienemanns Verlag, Stuttgart, 1928.
GARBASSO A., *Lezioni sperimentali sulla luce, considerata come fenomeno elettromagnetico* - Hoepli, 1898.
GRAETZ L., *Le nuove teorie atomiche e la costituzione della materia* - (2ª edizione), Hoepli, 1924.

HARTMANN E., *Philosophie des Unbewussten* - Amburgo, 1874.
HAECKEL E., *I problemi dell'Universo* - Edizione italiana, traduz. di A. HERLITZKA, « Utet », Torino, 1904.
KOPFF A., *I fondamenti della Relatività Einsteiniana* - Hoepli, Milano 1923.
LAKHOWSKY G., *L'Origine de la vie* (La radiation et les êtres vivants) - Gauthier-Villars et C., Edit., Paris, 1925.
LE BON G., *L'Evolution de la Matière* - Flammarion, Paris, 1927.
LEY W., *Die Möglichkeit der Weltraumfahrt* - Hachmeister e Thal, Leipzig.
LIOY P., *Conferenze scientifiche* - « Utet », Torino, 1877.
LODGE O., *Vita e materia* - Versione italiana di LUIGI GABBA, « Ars regia », editore, Milano, 1909.
LUCKIESH M., *Foundation of the Universe* - Chapmann e Hall, Ltd., London, 1926.
MOREUX T., *Le Ciel et l'Univers* - Paris, Doin, 1928.
MITTELHOLZER W., *Alpenflug* - Orell Füssli, ed., Zurigo.
— *Persienflug* - Orell Füssli, ed., Zurigo.
NOORDUNG H., *Der Raketen-Motor* - Edit. R. C. Schmidt e C., Berlin, 1929.
Nuovo Cimento (Il). (Tomi XXV e XXVII) - Pisa, 1867.
OVIO G., *Scienza dei colori* - Hoepli 1928.
— *Anatomia e fisiologia dell'occhio nella serie animale* - Fr. Vallardi, 1925.
PIERANTONI U., *Biologia* - « Utet », Torino, 1929.
POHL W., *Elettrofisica moderna* - Hoepli, 1928.
POINCARÉ H., *Science et Méthode* - Flammarion, Paris, 1920.
— *La Science et l'Hypothèse* - Flammarion, Paris, 1920.
PORRO F., *L'evoluzione cosmica* - Sandron, 1903.
PORTALUPPI P., e SEMENZA M., *Milano com'è ora, come sarà* - Edit. Bestetti e Tumminelli, 1927.
PUGLIESE A., *Fisiologia* - (2ª edizione), Hoepli, 1930.
ROCCA C., *La navigazione aerea dal punto di vista economico* - Edit. Hoepli, Milano, 1930.
ROGGERO E., *Il Mare nella scienza, nella vita, nella civiltà* - « Utet », Torino, 1928.
RUTHERFORD E., *Radio-active substances and their radiations* - Cambridge Univ. Press., Londra, 1912.
SCHIAPARELLI P., *Scritti editi ed inediti* - Raccolta completa, edit. Zanichelli, Bologna, 1926.
— *Le più belle pagine dell'Astronomia popolare* - (2ª edizione), Hoepli, 1927.
SERGI G., *La Psiche nei fenomeni della vita* - Bocca, Torino, 1901.
VERWORN M., *L'ipotesi del biogeno* - Edizione italiana di L. F. Pallestrini, editore, Milano, 1905.

NOMI E COSE NOTEVOLI.

VICENZA